Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale

Prevenzione Impiantistica della Legionella

- Parte I -

Impianti idrici, di raffreddamento industriali, di condizionamento dell'aria e anti-incendio

Linee Guida

con il patrocinio di

**Agenzia Regionale per la
Protezione Ambientale del Molise**

PREVENZIONE IMPIANTISTICA DELLA LEGIONELLA
- PARTE I -

IMPIANTI IDRICI, DI RAFFREDDAMENTO INDUSTRIALI, DI CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA E ANTI-INCENDIO

LINEE GUIDA

a cura di:

ARPA Molise Direzione Generale:

Ing. V. Ianiro, Dott. G. Tiberio, Dr. E. Patroni

ARPA Molise Dipartimento Provinciale di Isernia:

Dr.ssa M. Giancola, Dr. M. Piccirilli, Dr.ssa A. Manuppella

Delegato Territoriale AICARR Molise:

Ing. F. Lalli

INDICE

PREFAZIONE

L'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Molise opera come Ente strumentale della Regione sia ai fini del controllo ambientale che come struttura di supporto tecnico-scientifico agli Enti regionali e subregionali. Tra le sue funzioni istituzionali, significative sono le attività di reporting, informazione e comunicazione ambientale; in quest'ottica si inseriscono le presenti *Linee Guida*, frutto di un lavoro congiunto fra l'Area Prevenzione, Rischio Tecnologico e Valorizzazione Ambientale di ARPA Molise e il Laboratorio di Riferimento Regionale per la Legionellosi del Dipartimento Provinciale di Isernia dell'ARPA Molise, con il patrocinio dell'AICARR - Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento e Refrigerazione.

Questo documento nasce dall'esigenza di creare un manuale tecnico che, in modo fruibile, fornisca agli operatori del settore un supporto per la conduzione degli impianti, in relazione alla problematica della *Legionella*, al fine di contenere il rischio di infezione legato alla non corretta progettazione, gestione e manutenzione degli stessi.

L'opportunità di redigere le Linee guida scaturisce anche dalle raccomandazioni indicate nel Rapporto ISTISAN n. 04/16 "Un'epidemia di legionellosi nel IX Municipio del Comune di Roma – Rapporto dell'indagine epidemiologica e ambientale", nelle quali viene posta l'attenzione sulla pericolosità delle torri di raffreddamento in relazione alle epidemie da *Legionella*; lo stesso documento suggerisce agli Enti preposti al controllo di istituire un registro delle torri di raffreddamento e di eseguire un'adeguata informazione sull'importanza di una regolare manutenzione delle stesse.

Inoltre, il presente lavoro si pone anche l'obiettivo di approfondire i contenuti del documento *BREF* ("Bat Reference Report") di riferimento per l'applicazione delle migliori tecniche disponibili ("BAT", "Best Available Techniques") agli impianti di raffreddamento industriale.

Infatti, in relazione alla direttiva 96/61/CE (direttiva IPPC) che impone un approccio integrato per la riduzione delle emissioni in aria, acqua e suolo provenienti da alcuni settori produttivi, il *BREF* degli impianti di raffreddamento industriale contiene importanti indicazioni applicabili al raffreddamento industriale, ivi comprese quelle relative alla prevenzione della diffusione della *Legionella*.

Alla luce di tali considerazioni, vengono fornite indicazioni per la minimizzazione del rischio di contaminazione da *Legionella* legato non solo agli impianti di raffreddamento industriale, ma a tutti quei processi tecnologici che comportano il raggiungimento di talune condizioni termo-igronometriche favorevoli alla proliferazione del batterio.

Nella realizzazione delle linee guida si è posta l'attenzione sugli impianti idrici di adduzione, raffreddamento industriale, condizionamento e sui sistemi antincendio, riservando ad un successivo lavoro l'approfondimento di altre tipologie di impianti.

Tale scelta è scaturita dalla consapevolezza che i predetti impianti, ed in particolare le torri evaporative, sono quelli maggiormente coinvolti in gravi episodi epidemici da *Legionella*.

Il documento è organizzato in modo tale che siano forniti una breve descrizione sulle caratteristiche strutturali degli impianti sopraccitati, le modalità di installazione e di gestione nonché i punti dell'impianto che possono presentare maggiori criticità in relazione al possibile sviluppo della *Legionella*.

A conclusione del lavoro si riportano i principali metodi di bonifica, nonché, negli allegati, le indicazioni concernenti l'utilizzo dei DPI per la manutenzione e la pulizia degli impianti, per il campionamento e per le analisi delle matrici, e uno stralcio del BREF relativo ai sistemi di raffreddamento industriale.

Il Direttore Generale dell'ARPA Molise
Dr. Luigi Petracca

1. LA LEGIONELLOSI

1.1 GENERALITÀ

Le legionellosi sono malattie infettive sostenute da patogeni emergenti a potenziale alto rischio per la salute dell'uomo, segnalate con sempre maggiore frequenza negli ultimi anni; per tale motivo, esse vengono sottoposte a sorveglianza speciale da parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), della Comunità Europea (in cui è attivo l'European Working Group for Legionella Infection – EWGLI) e dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) che, dal 1983, ha attivato il "Registro Nazionale delle legionellosi".

La legionellosi è stata identificata per la prima volta nel 1976, a seguito di un'epidemia di polmonite che si verificò a Philadelphia tra i partecipanti ad una riunione dell'American Legion alla quale parteciparono oltre 4000 veterani, chiamati appunto "Legionnaires"; di essi, 221 si ammalarono e 34 morirono. Solo in seguito si scoprì che la malattia era stata causata da un "nuovo" batterio, denominato *Legionella*, che fu isolato nell'impianto di condizionamento dell'hotel dove i veterani avevano soggiornato.

Legionella è l'unico genere della famiglia delle *Legionellaceae;* il germe ha forma bastoncellare, è Gram-negativo, aerobio, asporigeno, generalmente mobile per la presenza di uno o più flagelli e ha dimensioni variabili (0,3 - 0,9 μm di larghezza e 1,5 - 5 μm di lunghezza).

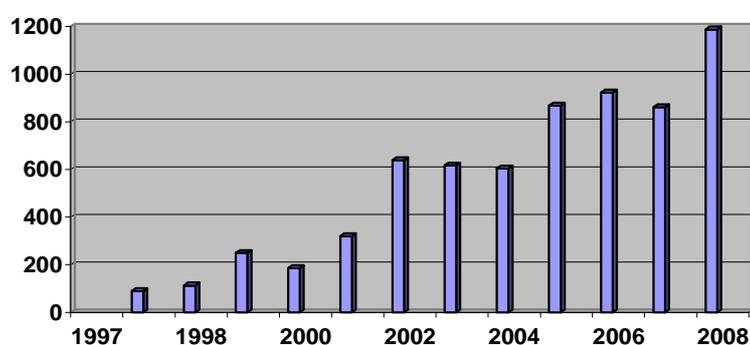
Legionella sp. al microscopio elettronico

Attualmente sono state individuate 48 specie di *Legionella* comprendenti 70 distinti sierogruppi. Circa la metà delle specie isolate è associata a casi di legionellosi nell'uomo, il 79% dei quali è causato da *Legionella pneumophila* sierogruppo (sg) 1.

L'infezione da *Legionella* può dar luogo a due distinti quadri clinici:

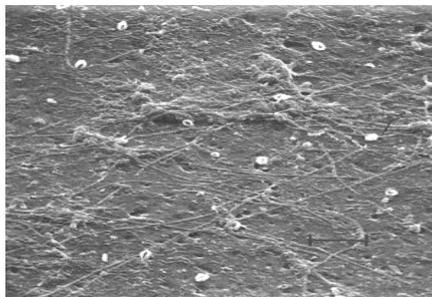
- la febbre di Pontiac, che si manifesta in una forma simil-influenzale dopo incubazione di 24 - 48 ore, senza interessamento polmonare e con risoluzione in 2 - 5 giorni;

- la Malattia dei Legionari, che è una patologia multisistemica, generalmente con polmonite, con periodo di incubazione di 2 - 10 giorni.

Le Legionelle sono responsabili del 1 – 5 % di casi di polmonite comunitaria e del 3 – 20 % di tutte le polmoniti nosocomiali; per queste ultime infezioni, la letalità può arrivare al 30 – 50 %, o addirittura può salire al 70 – 80 % nei pazienti in condizioni cliniche particolarmente gravi o trattati tardivamente. Nella figura seguente sono riportati i casi di legionellosi verificatisi in Italia dal 1997 al 2008.

Casi di legionellosi in Italia dal 1997 al 2008

Negli ultimi anni in Italia si è registrato un incremento progressivo dei casi notificati, che sono arrivati a 15 casi/milione di abitanti, valore comunque inferiore a quello massimo rilevato (Danimarca, 20 casi/milione ab.) La letalità della patologia in Italia nel corso degli anni è lievemente diminuita (12,8% di casi nel 1997 - 9,6% di casi nel 2006), probabilmente in relazione all'aumento di attenzione posta nei confronti della problematica e al conseguente incremento della frequenza delle diagnosi.

Le Legionelle sono batteri ubiquitari negli ambienti acquatici naturali (laghi, fiumi, sorgenti termali), dai quali si trasferiscono a quelli artificiali (acquedotti cittadini, impianti idrici). I serbatoi artificiali fungono da amplificatori del germe, assumendo notevole rilevanza epidemiologica.

Legionella, all'interno degli impianti idrici, può vivere in forma fluttuante (o planctonica) nell'acqua, oppure ancorata a biofilm, aggregati costituiti da comunità batteriche inglobate in una matrice polimerica autoprodotta e adesa ad una superficie inerte. In tali strutture, *Legionella* trova sostentamento e protezione, in quanto non più esposta ad agenti ambientali quali biocidi, che altrimenti sarebbero in grado di uccidere o inibirne le forme vitali.

Biofilm ancorato ad una superficie

Elementi fondamentali per lo sviluppo di tali microrganismi sono:

- aumento moderato della temperatura (20 - 45°C),
- vetustà degli impianti,
- presenza di sedimenti nell'impianto idrico,
- ristagni d'acqua,
- presenza di biofilm ed incrostazioni in tubature, docce o rubinetti,
- rallentamenti o interruzioni del flusso idrico,
- pH (5,4-9,2),
- ambiente aerobico,
- presenza di elementi nutritivi (alghe, amebe).

La legionellosi viene acquisita per via respiratoria mediante inalazione di aerosol (dimensione gocce da 1 a 5 µm) contenente Legionelle; pertanto, i sistemi che generano aerosol sono associati alla trasmissione della malattia (impianti idrici, impianti di climatizzazione dell'aria, apparecchiature per la respirazione assistita, idromassaggi, bagni turchi e aree adibite a sauna, fontane ornamentali, impianti di irrigazione di giardini, etc.).

Gli ambienti più a rischio sono quelli "indoor" ed in particolare le strutture comunitarie (ospedali, scuole, uffici, alberghi, campeggi, stabilimenti termali).

I principali impianti generatori di aerosol correlati ad edifici comprendono: torri di raffreddamento, condensatori evaporativi, diffusori di docce, aeratori di rubinetti, vasche per idromassaggio, nebulizzatori ed umidificatori. Non risulta documentata la possibilità di trasmissione diretta da persona a persona.

In base al Decreto del Ministero della Sanità del 1990, la legionellosi è una malattia soggetta a obbligo di notifica; spesso tale patologia non viene diagnosticata, per cui la sua frequenza è probabilmente sottostimata; infatti, osservando le notifiche effettuate per Regione nei vari anni, si

rileva che le segnalazioni dei casi sono distribuite irregolarmente nel contesto delle regioni italiane e si concentrano principalmente nel centro e nel nord Italia.

Regione	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Piemonte	61	96	72	93	64	94	74	82
Valle d'Aosta	4	8	3	5	2	3	5	4
Lombardia	122	244	288	204	304	325	285	446
Bolzano	0	1	1	1	1	6	7	11
Trento	4	6	4	21	28	31	38	39
Veneto	10	67	35	37	52	79	62	82
Friuli Venezia Giulia	4	5	4	7	9	12	20	26
Liguria	9	17	11	14	44	33	29	28
Emilia – Romagna	38	42	30	61	64	72	85	81
Toscana	22	57	48	59	92	89	57	106
Umbria	1	2	6	11	21	26	16	36
Marche	4	1	4	3	22	21	22	15
Lazio	29	65	83	61	102	68	76	129
Abruzzo	1	0	0	0	4	3	7	7
Molise	0	0	0	0	0	0	0	0
Campania	2	4	4	5	38	35	48	58
Puglia	9	17	6	13	7	12	14	19
Basilicata	0	3	7	7	8	3	2	6
Calabria	0	1	2	0	0	0	1	2
Sicilia	3	0	5	2	5	6	11	8
Sardegna	2	3	4	0	2	4	3	3
Totale	**325**	**639**	**617**	**604**	**869**	**923**	**862**	**1188**

Casi di *Legionella* in Italia notificati per Regione in ordine geografico da Nord a Sud nel periodo 2001 – 2008

(Fonte: Notiziario dell'ISS 2009)

1.2 ANALISI MICROBIOLOGICHE E TECNICHE DI CAMPIONAMENTO

Il Laboratorio di Riferimento del Molise, per determinare il grado di contaminazione da *Legionella* eventualmente presente nell'acqua e nel biofilm degli impianti, si avvale del metodo UNICHIM n. 1037 Ed. 2002 "Acque destinate al consumo umano – Ricerca e determinazione di *Legionella pneumophila*".

Bottiglia e tampone sterili per il campionamento di acqua e biofilm

Tale metodo è basato sulla concentrazione del campione attraverso membrana filtrante di un'aliquota nota, risospensione del materiale adeso al filtro in 10 ml di acqua del campione, successiva semina su terreno selettivo (MWY) contenente L-cisteina (amminoacido essenziale per la crescita del microrganismo) e incubazione finale in atmosfera umida alla temperatura di 37°C. Il metodo UNICHIM sopraindicato regolamenta, inoltre, le modalità di campionamento e trasporto.

La procedura prevede il prelievo di campioni omogenei in idonei contenitori sterili contenenti opportune quantità di tiosolfato di sodio per neutralizzare residui di cloro eventualmente presenti (quantitativi, procedure e cautele sono descritte nelle UNI 10674 e UNI EN ISO 5667-5). Per la ricerca di *Legionella spp.* in condizioni di utilizzo comune dell'acqua si preleva un volume minimo di campione pari ad 1 litro senza flussaggio né flambatura dei rubinetti; per valutare il grado di contaminazione dell'impianto, invece, si procede al prelievo (sempre di 1 litro di acqua) previa flambatura del rubinetto (ove possibile) e flussaggio dell'acqua per 5-10 minuti circa. Qualora si volesse procedere al campionamento del biofilm, è necessario l'utilizzo di tamponi sterili con i quali si prelevano eventuali incrostazioni e depositi presenti in particolari elementi dell'impianto (tubazioni, vasche di raccolta, ecc.).

I campioni, una volta raccolti, vanno protetti dalla luce solare e recapitati al laboratorio entro 24 ore dal prelievo. Il trasporto può essere effettuato anche a temperatura ambiente senza che ciò determini un'alterazione significativa del risultato.

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Allo scopo di attivare sul territorio nazionale iniziative volte a promuovere misure di controllo della patologia in questione, la Conferenza Stato-Regioni ha emanato i seguenti Documenti:

- **Linee guida per la prevenzione e controllo della legionellosi** (*Gazzetta Ufficiale Numero 103 – Serie generale del 5 maggio 2000*). Questo documento, oltre a tracciare il quadro epidemiologico e diagnostico della patologia, data la elevata letalità dei casi nosocomiali, indica l'opportunità di attivare un monitoraggio periodico degli ospedali nei reparti ad alto rischio anche in assenza di casi di infezione;

- **Linee guida per i gestori delle strutture turistico–ricettive e termali** (*Gazzetta Ufficiale Numero 28 – Serie Generale del 4 febbraio 2005*). Questo documento stabilisce la necessità, per i gestori delle strutture turistico – ricettive, di attuare misure di prevenzione per la riduzione del rischio di legionellosi negli ospiti delle stesse, nonché di effettuare un'analisi del rischio che prevede, se nelle strutture si evidenzia la presenza di un potenziale rischio, campionamenti periodici dell'acqua distribuita dagli impianti;

- **Linee guida recanti indicazioni ai laboratori con attività di diagnosi microbiologica e controllo ambientale della legionellosi** *(Gazzetta Ufficiale Numero 29 – Serie Generale del 5 febbraio 2005*). Tale documento orienta le attività dei laboratori che si occupano, in Italia, della diagnostica della legionellosi e del controllo ambientale di *Legionella* organizzando i laboratori sopra menzionati in tre livelli gerarchici: laboratori di base, laboratori regionali di riferimento, laboratorio nazionale di riferimento.

- **Provvedimento della Conferenza Permanente Stato Regioni n. 2636 del 5 ottobre 2006** *(Gazzetta Ufficiale Numero 256 – Serie generale del 3 novembre 2006).* Questo documento riporta le Linee Guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione.

Altri documenti emanati in ambito internazionale sono:

- **Guidelines for Prevention of Nosocomial Pneumonia Recommendations and Reports -** January 03, 1997/46 (RR-1); 1-79 – USA

- **ASHRAE Guideline 12-2000.** Minimising the Risk of Legionellosis associated with building water systems. ASHRAE Atlanta USA, 2000

- **Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities.** Recommendations of CDC and Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) - June 06, 2003/Vol 52/No.RR-10 – USA

- **Guidelines for Infection Control in Dental Health-Care Settings, 2003.** Recommendations and Reports - December 19, 2003/ Vol 52/ No. RR-17 – USA

- **Guidelines for Preventing Health-Care-Associated Pneumonia, 2003.** Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee - March 26, 2004 / Vol 53 / No. RR-3 - USA

- **European Guidelines for Control and Prevention of Travel Associated Legionnaires' Disease** (produced by members of the European Surveillance Scheme for Travel Associated Legionnaires' Disease - EWGLINET - and the European Working Group for Legionella Infections - EWGLI) - prodotte nel giugno 2003 e revisionate nel gennaio 2005 - UK

2. IMPIANTI IDRICI

2.1 DESCRIZIONE

L'impianto idrico si definisce quella struttura che permette il collegamento della rete idrica interna alla rete dell'acquedotto e la distribuzione di acqua potabile per usi alimentari o per il funzionamento degli impianti stessi.

La scelta dei materiali costituenti la rete deve avvenire in virtù di quanto stabilito dal D.M. n. 174 del 06/04/2004, recante il "Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano".

L'impianto idrico non è solo una rete di tubi, ma si configura come un sistema complesso che si è evoluto nel tempo sfruttando le opportunità offerte dalla tecnologia. Gli elementi tecnici che costituiscono un impianto idrico possono essere così sintetizzati:

- allacciamenti;
- apparecchi per il trattamento dell'acqua;
- macchine idrauliche;
- accumuli;
- riscaldatori;
- reti di distribuzione acqua fredda e calda;
- reti di ricircolo dell'acqua calda;
- rubinetti di erogazione;
- apparecchi sanitari;
- dispositivi di emergenza.

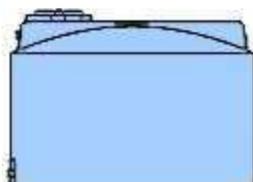
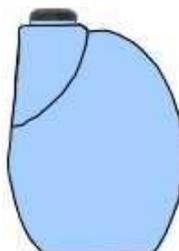
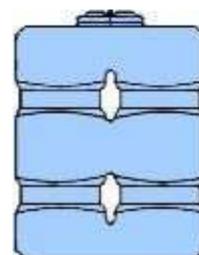
La rete di distribuzione può essere una singola oppure doppia, a seconda di come è prodotta l'acqua calda.

La rete è unica (solo acqua fredda) se il riscaldamento dell'acqua avviene localmente (boiler), oppure è doppia se il riscaldamento avviene all'interno della centrale termica.

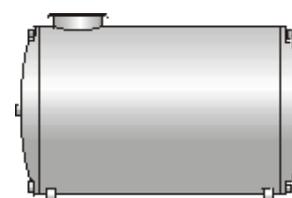
L'acqua prelevata dalla rete idrica molto spesso è accumulata in serbatoi, i quali possono essere di differenti materiali e forme:

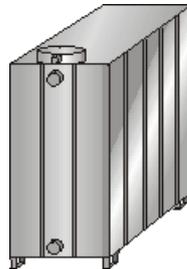
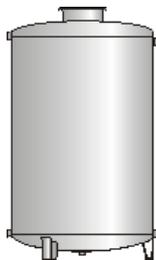
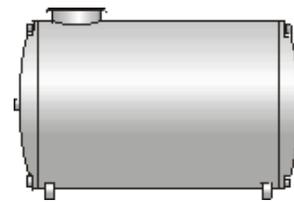
- Serbatoi *cilindrici* in *Polietilene lineare*: resistenti agli agenti atmosferici e ai raggi UV, insensibili all'invecchiamento.

Orizzontale *Verticale*

- Serbatoi *di varie forme* in *Polietilene*: anch'essi molto resistenti sia agli agenti atmosferici che ai raggi UV

PAN *Ovoidali* *Parallelepipedo*

- Serbatoi *da interro* in *Polietilene*: adatti all'interramento diretto.

- Serbatoi *cilindrici* in *Acciaio Zincato:*

Verticale *Orizzontale*

- Serbatoi *parallelepipedi* in *Acciaio Zincato e inox AISI 304:*

- Serbatoi *cilindrici* in *Acciaio inox AISI 304:*

Verticale

Orizzontale

Anche le tubazioni degli impianti idrici possono essere di differenti materiali: acciaio inox, acciaio zincato, rame, materiali sintetici quali polietilene (PE), polipropilene (PPR) e polietilene reticolato (PEX).

Negli impianti civili l'uso del tubo in acciaio inox offre resistenza alla corrosione e presenta una superficie liscia con caratteristiche perfettamente igieniche che aiutano a prevenire la formazione della *Legionella*. Inoltre, l'acciaio è un materiale completamente riciclabile.

Anche i tubi in rame sono sempre più impiegati negli impianti, poiché il rame è considerato un materiale di grande resistenza alla corrosione ed alla rottura, presenta ridotte perdite di carico e caratteristiche batteriostatiche.

Relativamente alle tubazioni in materiale sintetico, si ricordano le particolari caratteristiche di leggerezza, impermeabilità, facilità di posa ed atossicità che rendono tali tubazioni idonee ai più svariati impieghi nel campo acquedottistico (anche per consumo umano), industriale e negli impianti antincendio.

2.2 INSTALLAZIONE

La progettazione e l'installazione di un impianto idrico devono tener conto di molteplici parametri. In riferimento agli obiettivi di questo documento, sono di seguito elencati gli accorgimenti progettuali da considerare ai fini della riduzione del rischio legato alla *Legionella*:

- ⇨ Scegliere in maniera opportuna i materiali in relazione al D.M. n. 174 del 06/04/2004 ed alle loro peculiarità batteriostatiche;
- ⇨ Posizionare correttamente gli elementi costituenti l'impianto idrico, evitando tubazioni con terminali ciechi o senza circolazione, la formazione di ristagni e lunghezze eccessive di tubazioni;
- ⇨ Installare la rete dell'acqua fredda separata dalla rete dell'acqua calda ed evitare che le tubazioni dell'acqua fredda e calda decorrano molto vicine tra loro. Inoltre, al fine di evitare il surriscaldamento dell'acqua fredda, è opportuno utilizzare tubazioni coibentate qualora esse siano esposte al sole oppure attraversino locali riscaldati;
- ⇨ Individuare i punti di ispezione e di campionamento idonei riferiti a ciascun elemento costituente la rete;
- ⇨ Impiegare sistemi di filtraggio idonei;
- ⇨ Aggiornare lo schema progettuale dell'impianto ogni qual volta si effettuano modifiche (realizzazione di nuovi tratti, sostituzione di materiali, ecc...).

Ai fini di una corretta installazione dei *serbatoi* di accumulo dell'acqua fredda, si consiglia di adottare i seguenti accorgimenti:

- ⇨ Preferire il posizionamento del serbatoio in luogo interrato ma comunque facilmente ispezionabile; qualora questo non sia possibile, ubicarlo all'interno di strutture volte a proteggere la massa d'acqua in accumulo dai raggi solari diretti. Il serbatoio interrato in genere consente di mantenere la temperatura dell'acqua sempre al di sotto di 20°C; in tali condizioni la *Legionella* è inattiva;
- ⇨ Per i serbatoi di accumulo non interrati predisporre, nella zona basale dello stesso, appositi punti di campionamento e provvedere al rivestimento dei serbatoi stessi con materiale coibentante.

Nella fase di progettazione ed installazione degli *elementi costituenti la rete idrica*, la scelta dei materiali da utilizzare occupa un ruolo fondamentale.

E' preferibile indirizzare la scelta dei componenti su materiali quali l'acciaio inox o il rame, in quanto sono state accertate le loro capacità batteriostatiche, ma anche verso i materiali sintetici di "classe 2" prodotti secondo la norma EN ISO 15875, ovvero quei materiali particolarmente

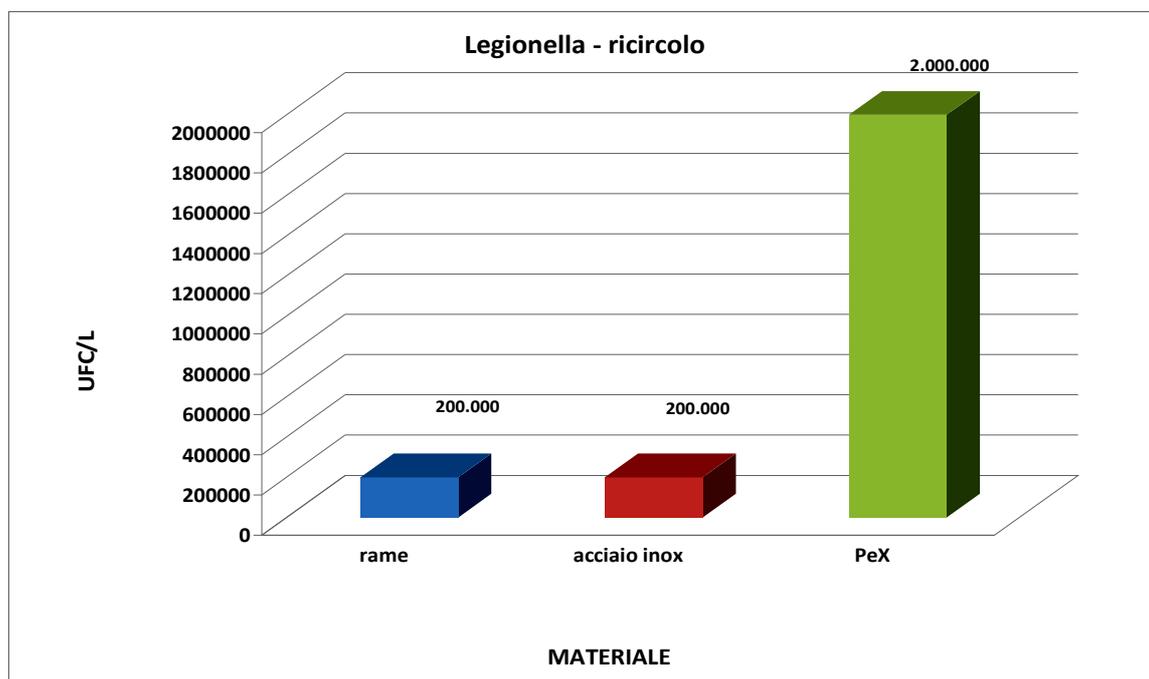
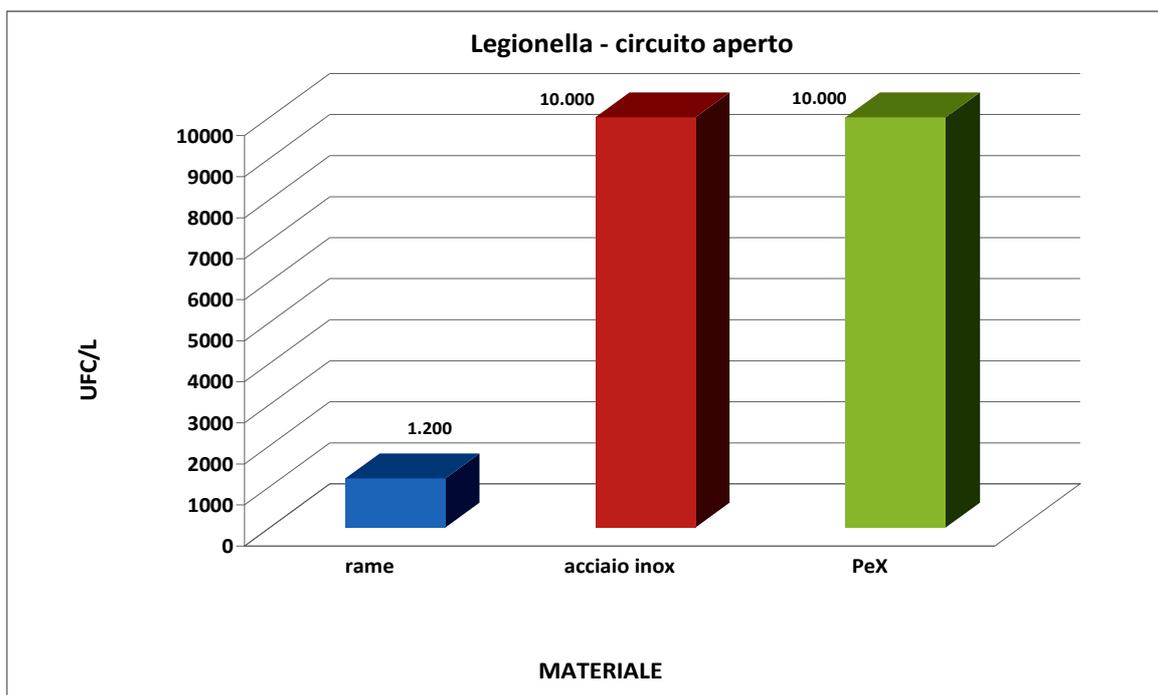
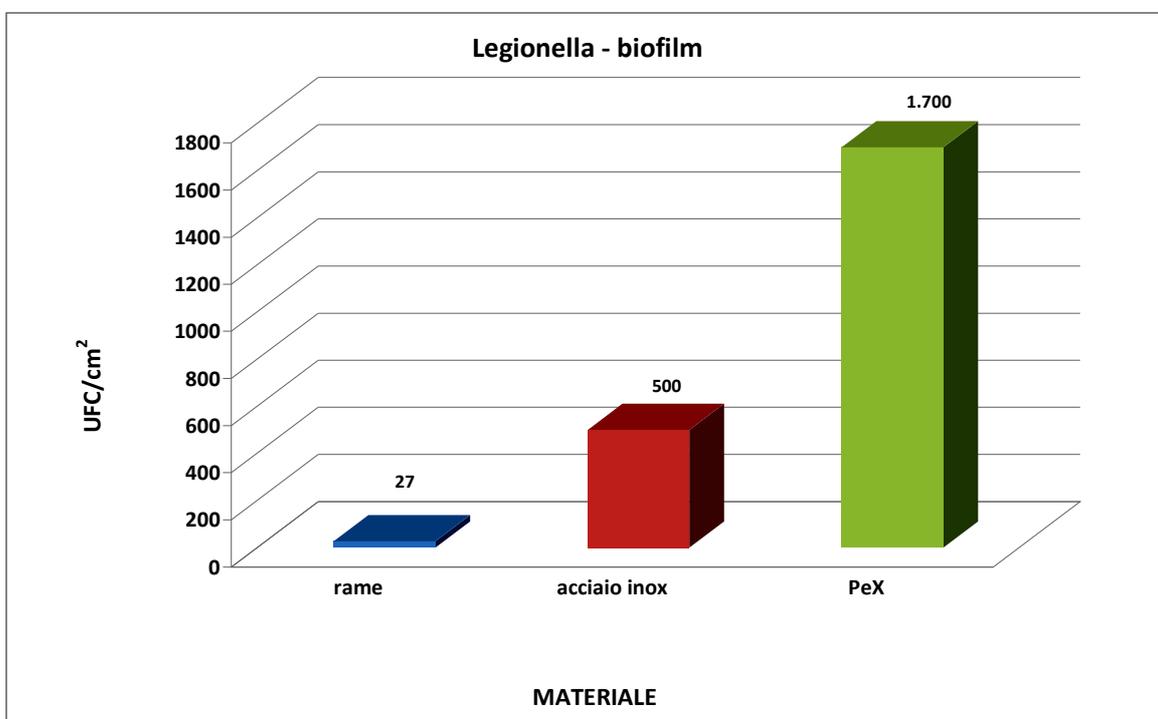
idonei al funzionamento con acqua calda a 70 °C, temperatura raggiungibile in caso di trattamento con shock termico e alla quale il batterio della *Legionella* non sopravvive.

Le tubazioni in acciaio e in rame garantiscono, rispetto ai materiali sintetici, una più elevata immunità, pur risultando decisamente più costose.

Il KIWA, l' autorevole istituto olandese di ricerca e certificazione, ha pubblicato nel 2003 una ricerca che fornisce una ulteriore conferma delle proprietà batteriostatiche del rame. L'esperimento del KIWA è durato più di 560 giorni ed ha esaminato l'influenza di tubi di rame, di acciaio inossidabile e di polietilene reticolato sulla proliferazione dei batteri della *Legionella*.

Per tale studio è stata analizzata l'acqua nei tre impianti realizzati con i tre materiali nei quali si simulava il consumo domestico di acqua potabile.

Nella prima parte dell'esperimento gli impianti hanno funzionato a ricircolo; i batteri della *Legionella* hanno raggiunto il loro massimo sviluppo intorno al sessantesimo giorno.

Per il rame e l'acciaio inox si sono avute 200.000 CFU/L, mentre per il PE-X (Poli-etilene a bassa o alta densità) 2.000.000 CFU /L, cioè una carica microbica dieci volte superiore.

Successivamente è stato simulato un circuito aperto, comprendente le aperture di rubinetto e le fasi di stagnazione. I valori sono stati per il rame 1.200 CFU/L, per l'acciaio e il PE-X 10.000 CFU/L.

E' stato controllato anche il biofilm, luogo preferenziale per la proliferazione del germe, rilevando per il rame 27 CFU/cm^2, per l'acciaio 560 CFU/cm^2, per il PE-X 1.700 CFU /cm^2, cioè 60 volte più del rame.

Inoltre, il massimo valore di colonie batteriche totali trovate per il tubo di rame è stato di 600 CFU /cm^2, contro gli 8000 CFU /cm^2 dell'acciaio inox ed i 20000 CFU /cm^2 del PEX. Ulteriori informazioni sull'argomento si rinvengono nel Rapporto ISTISAN 08/19 "Formazione di biofilm su materiali a contatto con l'acqua: aspetti sanitari e tecnologici", nel quale si ha la conferma della

maggiore capacità dell'acciaio, rispetto ai materiali sintetici, di impedire lo sviluppo del biofilm all'interno delle reti idriche. In virtù di ciò, la scelta dei materiali costituenti le tubazioni per la realizzazione della rete idrica va valutata in funzione della complessità e dell'estensione della rete, nonché della disponibilità economica. Infatti, come già accennato in precedenza, le tubature realizzate con materiali sintetici di "classe 2" hanno il pregio di resistere alle alte temperature e sono relativamente economiche; di contro, hanno il difetto di favorire lo sviluppo del biofilm. Le tubature realizzate in rame o acciaio inox, invece, hanno il pregio di essere batteriostatiche (riducono lo sviluppo del biofilm) ma il difetto di essere costose. Pertanto, la scelta dei materiali può così indirizzarsi:

- in impianti di grosse dimensioni e molto complessi, verso i materiali sintetici di "classe 2" (PE-X) nelle distribuzioni principali e verso il rame/acciaio inox per i tratti terminali dell'impianto; tale scelta è giustificata sia dal fatto che gli impianti più complessi possono essere soggetti a frequenti e massicce attività di bonifica, sia dal fatto che nei tratti terminali si possono verificare ristagni di l'acqua (bracci morti).
- in impianti di ridotte dimensioni, verso l'acciaio inox nelle distribuzioni principali e verso il rame per i tratti terminali dell'impianto; i piccoli impianti possono essere gestiti, nei confronti della Legionella, con maggiore semplicità, scegliendo materiali batteriostatici, per eventuali contaminazioni con interventi poco aggressivi.

In ogni caso la scelta dei materiali costituenti la rete idrica deve essere definita già in fase progettuale per ridurre i rischi di eventuali contaminazioni da Legionelle.

2.3 MANUTENZIONE

Gli interventi di manutenzione dell'impianto idrico devono essere eseguiti sulla base di un protocollo in cui sono specificati i soggetti responsabili preposti e la frequenza e le modalità degli interventi da effettuare sulle diverse componenti dell'impianto. Al fine di una corretta manutenzione ordinaria e straordinaria dell'intero impianto idrico è opportuno predisporre un "*Registro manutenzione*" nel quale verranno riportate le informazioni riguardanti tutti gli interventi effettuati sull'impianto:

- ⇨ data intervento;
- ⇨ tecnico manutentore;
- ⇨ parti della rete interessate;
- ⇨ riferimento a protocolli interni qualora esistenti;
- ⇨ tipo di controllo/trattamento effettuato;

- ⇨ eventuali sostanze utilizzate;
- ⇨ dosi e tempi di esposizione.

Per la manutenzione ordinaria dei serbatoi di accumulo è opportuno che questi siano ispezionati con cadenza mensile. Tale ispezione è volta a verificare se all'interno vi sia presenza di incrostazioni o materiale surnatante derivante dall'adduzione dell'acquedotto principale. Qualora il serbatoio sia sporco, presenti incrostazioni, o qualsiasi altra forma di materiale in sospensione o depositato sul fondo si interviene, in regime di manutenzione straordinaria, effettuando lo svuotamento, la pulizia, la disincrostazione e la disinfezione, dopo riempimento con acqua potabile, con 50 mg/L di cloro per 1 ora oppure con 20 mg/L per due ore. Questo tipo di trattamento, indipendentemente dai risultati delle ispezioni, va effettuato almeno una volta l'anno. Qualora tra il serbatoio e la rete principale (acquedotto) vi sia la presenza di filtri, occorre provvedere alla verifica della loro efficacia. Nel caso in cui i filtri non siano più idonei, è necessario sostituirli, in quanto l'ingresso di particelle solide negli impianti stessi provoca processi corrosivi con rilascio di materiali che determinano danni al valvolame ed alle rubinetterie e promuovono la crescita della *Legionella*. Nel caso in cui siano installati serbatoi di grandi capacità ed esposti all'irraggiamento solare diretto è consigliabile effettuare una misurazione della temperatura dell'acqua sia nella zona sommitale del serbatoio che in quella basale (questo tipo di intervento si consiglia principalmente nei periodi estivi).

La manutenzione periodica delle tubazioni può contribuire in modo efficace a prevenire la colonizzazione della rete da parte dei batteri e soprattutto a limitarne la moltiplicazione e la diffusione. A tale proposito è consigliabile:

- ⇨ Effettuare regolarmente una accurata pulizia e disinfezione dei filtri (filtri ai punti terminali della rete ed eventuali filtri posti prima o dopo i serbatoi di accumulo) con cadenza mensile;
- ⇨ Rimuovere eventuali incrostazioni mediante l'ausilio di disincrostanti, qualora non sia presente un impianto di addolcimento delle acque;

- ⇨ Impiegare biocidi al fine di ostacolare la crescita di alghe, protozoi e altri batteri che possono costituire nutrimento per la *Legionella*;
- ⇨ Sostituire le guarnizioni ed altre parti usurate;
- ⇨ Provvedere al flussaggio periodico nei tratti di rete in cui vi sia un ristagno d'acqua (bracci morti) per lunghi periodi di tempo;
- ⇨ Ispezionare i tratti di rete in prossimità di diramazioni o intersezioni;
- ⇨ Eseguire il trattamento di disinfezione più idoneo alla tipologia di impianto presente (si rimanda al capitolo 6 " *INTERVENTI DI PREVENZIONE E DECONTAMINAZIONE*").

La manutenzione straordinaria invece prevede:

- ⇨ Sostituzione dei tratti usurati e/o danneggiati;
- ⇨ Sostituzione dei tratti in cui si verifica il ristagno prolungato dell'acqua;
- ⇨ Sostituzione o coibentazione delle tubazioni di raccordo esterne ed esposte all'irraggiamento solare diretto.

2.4 PUNTI CRITICI

La rete di distribuzione dell'acqua fredda di un impianto idrico presenta alcuni punti critici in cui la *Legionella* può proliferare; tali punti, considerando gli elementi che incidono sullo sviluppo dei microrganismi in questione, sono individuabili in quei tratti dell'impianto:

- ⇨ in cui la temperatura supera i 20°C;
- ⇨ vetusti;
- ⇨ che presentano ristagni d'acqua (bracci morti);
- ⇨ in cui sono presenti incrostazioni e biofilm;
- ⇨ esposti al calore e all'irraggiamento;
- ⇨ che decorrono parallelamente alla rete dell'acqua calda, non ben isolati.

Dalla figura è possibile osservare che una delle principali criticità può essere causata dalla stratificazione dell'acqua in funzione delle differenti temperature, anche quando l'acqua accumulata non viene riscaldata. Durante l'accumulo, infatti, le masse d'acqua a temperature maggiori tendono a posizionarsi nella parte sommitale del serbatoio, zona in cui sono favorevoli le condizioni per la proliferazione della *Legionella*. In virtù di quanto detto è preferibile campionare, nei serbatoi dell'acqua fredda non interrati (in cui la stratificazione delle masse d'acqua presenta range più ampi), anche nella zona sommitale del serbatoio stesso, qualora possibile.

Altro punto critico è rappresentato dalla zona basale, in cui potrebbe esserci accumulo di materiali che favoriscono lo sviluppo di biofilm, con conseguente proliferazione di *Legionella*.

La tabella che segue evidenzia i punti di una rete idrica critici, le matrici e la frequenza con cui effettuare i controlli.

Descrizione	***Frequenza di campionamento***	***Matrice da campionare***
Bracci morti	Almeno due volte l'anno	Acqua e biofilm
Punti terminali	Almeno due volte l'anno	Acqua e biofilm
Serbatoi di accumulo	Almeno due volte l'anno	Acqua

3. IMPIANTI DI RAFFREDDAMENTO INDUSTRIALI

3.1 DESCRIZIONE

Nel settore industriale sono presenti diversi processi tecnologici che richiedono un sistema di raffreddamento di fluidi utilizzati nel ciclo produttivo; la cessione del calore all'esterno avviene tramite lo scambio di calore con fluidi esterni al ciclo, generalmente acqua e/o aria.

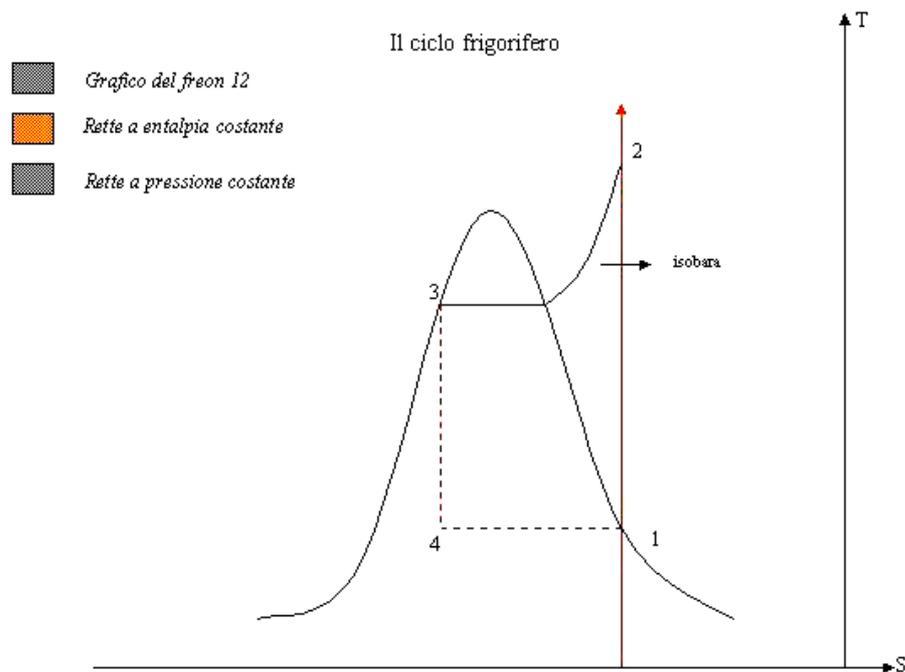
Questo obiettivo si può ottenere con diverse soluzioni impiantistiche, scelte in funzione delle caratteristiche del processo tecnologico che richiede un sistema di raffreddamento.
I metodi più diffusi e intrinsecamente più pericolosi dal punto di vista della contaminazione da *Legionella*, sono:

- **Sistemi a basse temperature** ($< T_{ambiente}$): la refrigerazione avviene con l'utilizzo di un gruppo frigorifero collegato a torri di raffreddamento o a condensatori evaporativi (es. impianti per la conservazione delle derrate: celle per carni, per prodotti ortofrutticoli, per gelati, per prodotti congelati e surgelati; impianti per il raffreddamento dei liquidi: impianti enologici, per birra, per bevande gasate);
- **Sistemi ad alte temperature** ($T_{ambiente}$): il processo consiste nel raffreddamento diretto dell'acqua che circola negli impianti dei cicli produttivi tramite le torri evaporative (es. nelle acciaierie per il raffreddamento di parti del forno elettrico; nelle centrali termoelettriche o a ciclo combinato per il raffreddamento del condensatore e in quelle nucleari per il raffreddamento dell'acqua nelle tubazioni del nocciolo; nelle lavorazioni meccaniche con asportazione di truciolo per il raffreddamento delle emulsioni di acqua e olio).

3.1.1 PRODUZIONE DI FREDDO CON L'UTILIZZO DEL GRUPPO FRIGORIFERO

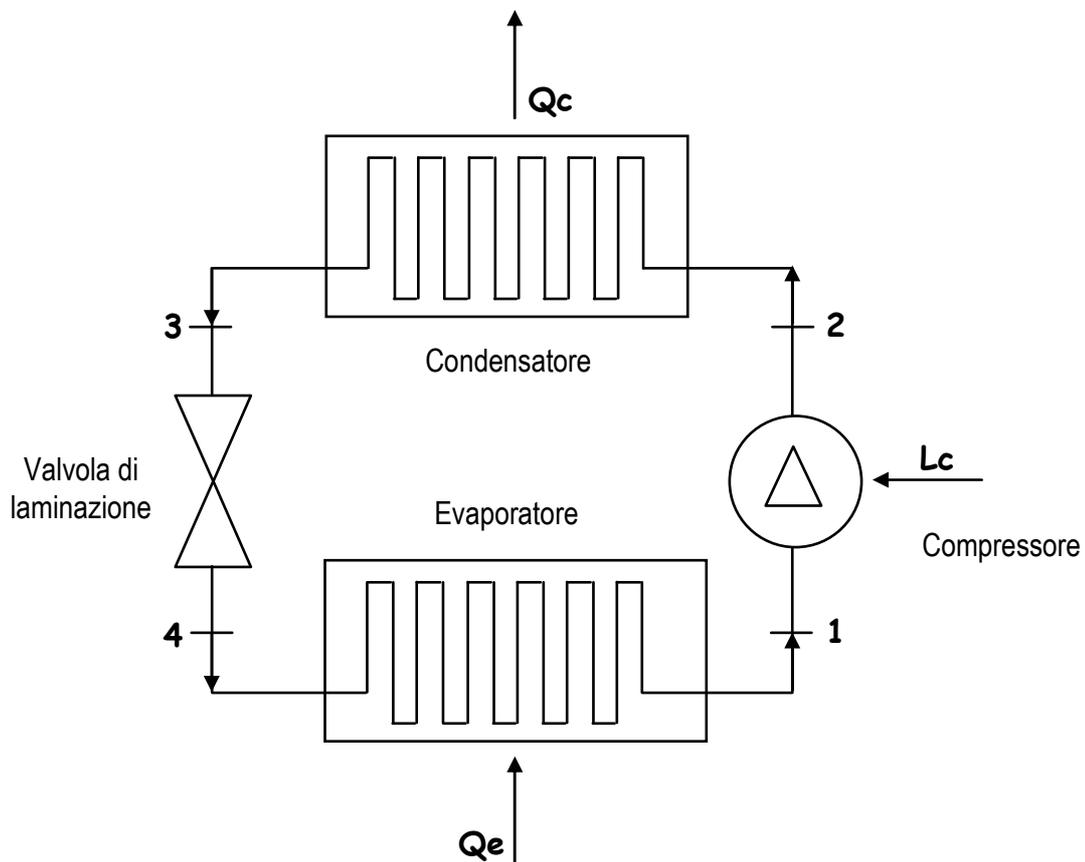
Il "gruppo frigorifero" è una macchina composta da un insieme di apparecchiature, quali compressore, condensatore, valvola di laminazione ed evaporatore, che attuano il "ciclo frigorifero" trasferendo il calore da una sorgente calda ad una sorgente fredda.

L'utilizzo del gruppo frigorifero è ampiamente diffuso non solo nell'ambito della refrigerazione industriale, ma anche nel condizionamento dell'aria, come si vedrà più dettagliatamente nei paragrafi successivi.

Il ciclo frigorifero è un ciclo termodinamico in cui si applica un lavoro di compressione per far passare un fluido dallo stato gassoso al liquido; la compressione ed il cambiamento di stato producono calore, che viene estratto dal ciclo dal condensatore (torre di raffreddamento); successivamente il liquido è fatto espandere ed evaporare, con abbassamento della temperatura, quindi può sottrarre calore nel cambiamento di stato inverso; il liquido in evaporazione (ed espansione) produce quindi il voluto effetto frigorifero che si realizza tramite le operazioni svolte da un insieme di componenti che trasformano un fluido refrigerante in maniera tale da ottenere l'assorbimento del calore in un ambiente durante la fase di evaporazione del fluido stesso, cedendolo durante quella di condensazione.

I principali componenti di un refrigeratore sono:

- Compressore: aspira il fluido refrigerante in fase di vapore dall'evaporatore e lo comprime. La compressione comporta un aumento del calore contenuto nel vapore.
- Condensatore: è il componente preposto alla condensazione del gas., generalmente formato da serpentine o tubi alettati dove circola il fluido refrigerante. Il condensatore, per il suo funzionamento, deve subire un raffreddamento che può avvenire ad aria (dry coolers) o ad acqua (torri di raffreddamento umide o condensatori evaporativi).

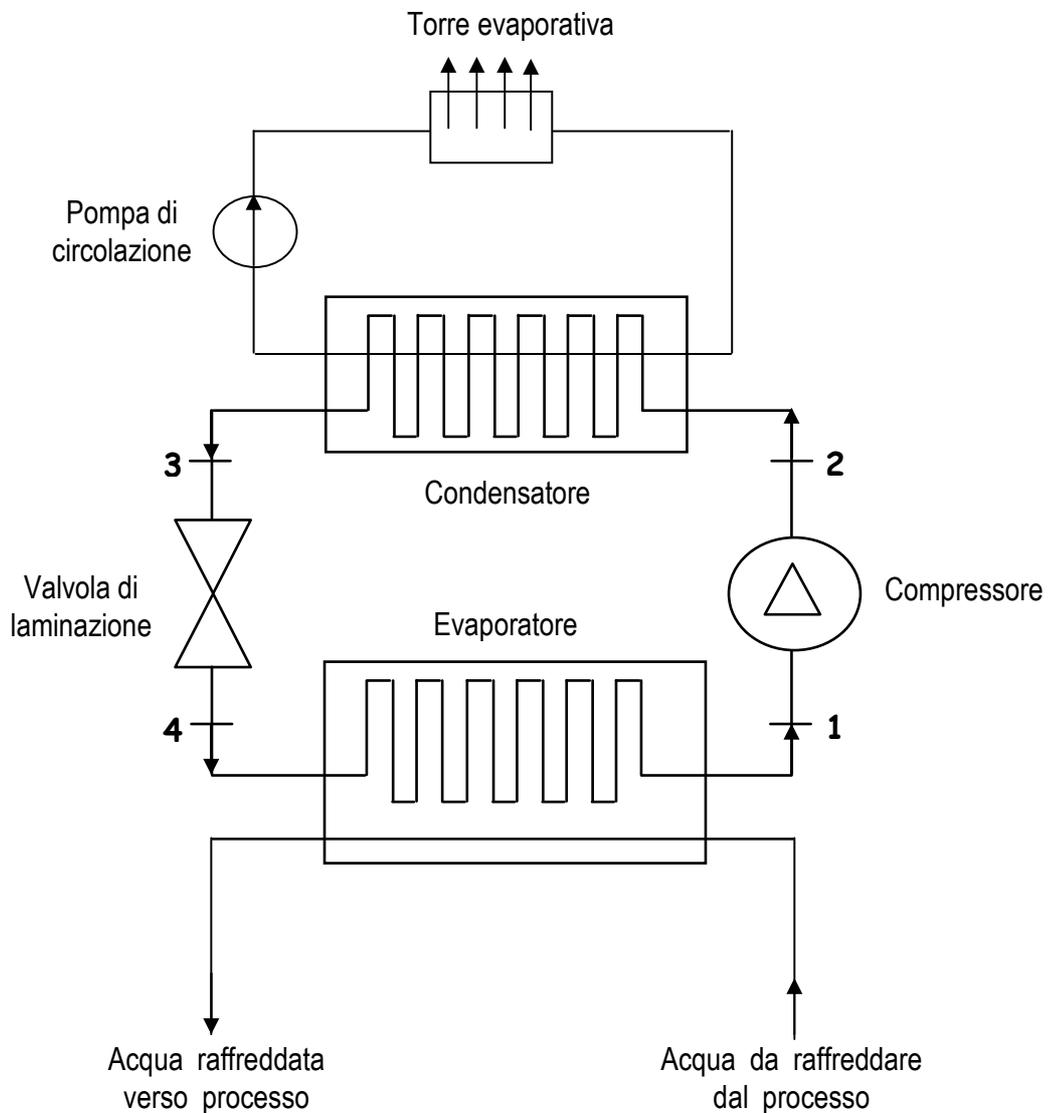
- Valvola di espansione o di laminazione: diminuisce la pressione del gas in uscita dal condensatore, che dalla fase liquida inizia a passare alla fase gassosa.
- Evaporatore: è il dispositivo che garantisce l'evaporazione totale del gas liquido che deriva dal condensatore.
- Ventilatori: vengono utilizzati sia per aspirare l'aria dall'ambiente e convogliarla verso l'evaporatore, sia per agevolare la distribuzione dell'aria refrigerata nell'ambiente, sia per raffreddare il refrigerante sul condensatore.

Per una migliore comprensione del principio di funzionamento di un ciclo frigorifero, si consideri il seguente schema:

Fase 1-2) - In questa fase iniziale viene fornita energia (LAVORO Lc) al compressore, il quale esercita una compressione adiabatica reversibile sul fluido che lo attraversa provocandone l'innalzamento della pressione ed un notevole aumento di temperatura.

Fase 2-3) - Il fluido subisce un raffreddamento che avviene a pressione costante: in tal modo si ha una condensazione completa con conseguente emissione di CALORE (Qc).

Fase 3-4) - Attraverso la valvola strozzatrice (o valvola di laminazione) avviene una trasformazione irreversibile a entalpia costante con aumento di entropia; si abbassano pressione e temperatura.

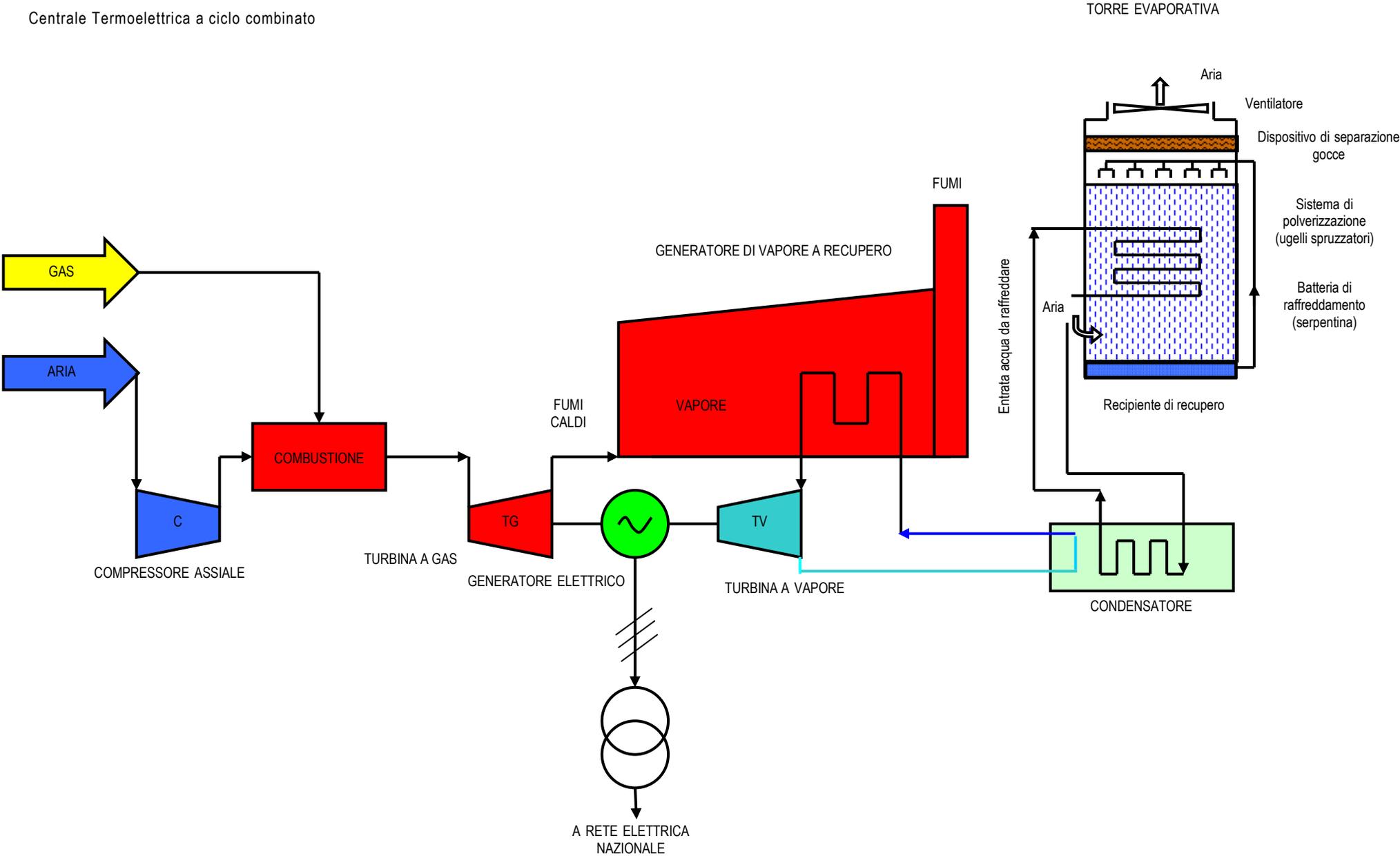
Fase 4-5) - Il calore viene sottratto dalla cella frigorifera (che quindi si raffredda) e dato al fluido che si trasforma in vapore.

Dal punto di vista del rischio di contaminazione da *Legionella*, la zona critica del processo di refrigerazione industriale risiede nella sezione di raffreddamento del condensatore, realizzata spesso a mezzo di torri evaporative o condensatori evaporativi, come di seguito illustrato:

3.1.2 RAFFREDDAMENTO DELL'ACQUA CON L'UTILIZZO DI TORRI EVAPORATIVE E CONDENSATORI

Un processo di raffreddamento può essere realizzato anche con l'utilizzo del solo condensatore di calore in unione alle torri di raffreddamento o del solo condensatore evaporativo.

Ad esempio, in una centrale termoelettrica o a ciclo combinato (si veda lo schema di seguito riportato) il vapore in uscita dalla turbina viene con inviato in un condensatore, costituito da tubi alettati o da una serpentina, percorso da acqua fredda. In questo modo il vapore condensa e l'acqua ottenuta viene mandata nuovamente in circolo, mentre l'acqua che scorre all'interno del condensatore viene raffreddata tramite l'utilizzo delle torri di raffreddamento.

Lo schema esemplificativo è relativo ad una centrale a ciclo combinato con l'utilizzo di un generatore di vapore a recupero: un compressore preleva l'aria dall'ambiente e la comprime a pressione elevata. L'aria compressa viene introdotta nella camera di combustione, unitamente al combustibile; i gas prodotti dalla combustione vengono convogliati in una turbina a gas (turbogas) che, girando, pone in movimento l'alternatore che realizza la produzione di energia elettrica. I gas di scarico vengono inviati in un generatore di vapore a recupero, dove cedono calore all'acqua che, evaporata, viene introdotta in una seconda turbina, solidale anch'essa all'alternatore.

Centrale Termoelettrica a ciclo combinato

3.1.3 TORRI DI RAFFREDDAMENTO EVAPORATIVE

Se si escludono le reti idriche, di cui si è discusso nel capitolo precedente, tra tutti gli altri impianti potenzialmente in grado di dare luogo a patologie da Legionella quelli maggiormente a rischio sono le torri di raffreddamento di tipo evaporativo (sia a pacco che a batteria).

Le torri di raffreddamento sono state più volte implicate nei casi epidemici di rilievo e la loro ubicazione all'aperto, spesso in posizione elevata (sulla copertura di edifici), privilegia la distribuzione dell'aerosol, che può veicolare la malattia a distanza.

Il raffreddamento evaporativo combina alti rendimenti termici e una bassi dei costi con basse temperature di raffreddamento, che comportano un contenuto utilizzo di energia e acqua.

La torre evaporativa è un dispositivo di concezione e di conduzione relativamente semplice, ma la mancata o scarsa manutenzione, soprattutto negli impianti con utilizzo stagionale (impianti di climatizzazione), possono generare le condizioni di proliferazione e diffusione del batterio.

In realtà, qualsiasi circuito idrico può essere contaminato da Legionella (anche con basse concentrazioni) in quanto essa potrebbe essere introdotta direttamente dall' acqua di rete ma questo rappresenta normalmente un rischio molto basso perché sono necessari nutrienti, temperature più elevate e stagnazione per favorire la proliferazione. Infestazioni di Legionella sono statisticamente più probabili in edifici con una rete di tubazioni dell'acqua calda e fredda molto estesa.

Le torri evaporative trovano il loro principale impiego, per i notevoli vantaggi economici che consentono rispetto ad altre soluzioni, nel raffreddamento delle acque per usi industriali e nel raffreddamento dell'acqua di condensazione di centrali frigorifere medio/grandi.

Il raffreddamento evaporativo consente riduzioni di emissioni di CO2, oltre al minore consumo d'acqua rispetto ai condensatori raffreddati con acqua a perdere e all'alta efficienza termica che può essere conseguita con costi che risultano interessanti.

L'acqua della torre esce a temperature comprese nell'intervallo 29°C ÷ 35°C, che sono ottimali per la crescita e lo sviluppo della Legionella, proprio per questo motivo si dovrebbe prestare particolare attenzione alla realizzazione della torre e dei suoi componenti critici.

Le differenze tra una torre evaporativa, con il relativo circuito di collegamento all'utenza, per un impiego civile e quella per un impiego industriale (anche se i criteri di scelta di forma di torre variano secondo l'applicazione) sono le temperature di utilizzo, generalmente un po' diverse, e soprattutto il grado di rischio dovuto ad eventuali inquinanti nel sistema evaporativo, che è maggiore per le applicazioni HVAC (cioè smaltimento del calore di condensazione da gruppi frigo convenzionali, pompe di calore o gruppo assorbitore) a causa della collocazione della torre, del maggior numero di persone esposte e dell'abituale funzionamento stagionale.

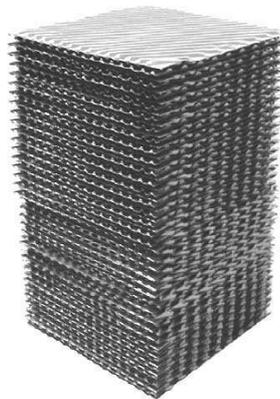
Si possono distinguere, innanzitutto, due tipologie di torri di raffreddamento in base alla modalità di scambio termico tra il fluido da raffreddare e l'aria:

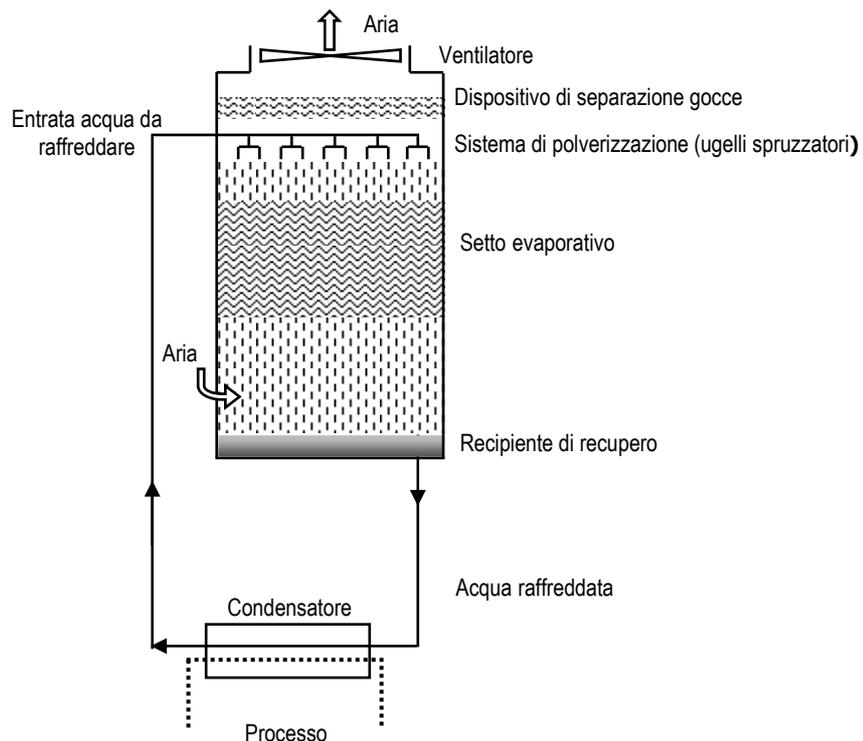
- a contatto diretto
- a contatto indiretto.

Le torri del primo tipo (***a contatto diretto***) sono denominate aperte o anche ***a circuito aperto***: il fluido da raffreddare può essere solo acqua, che è raffreddata mediante contatto diretto con l'aria atmosferica.

Il loro principio di funzionamento è basato sull'evaporazione a contatto con l'aria di parte dell'acqua da raffreddare, per cui esso prende il nome di "raffreddamento evaporativo".

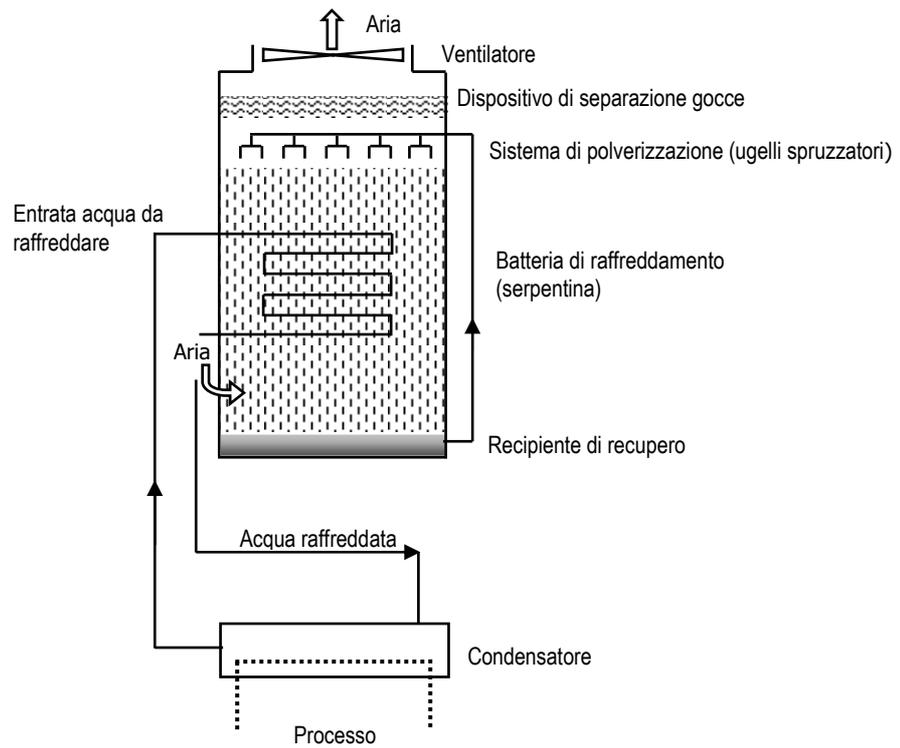
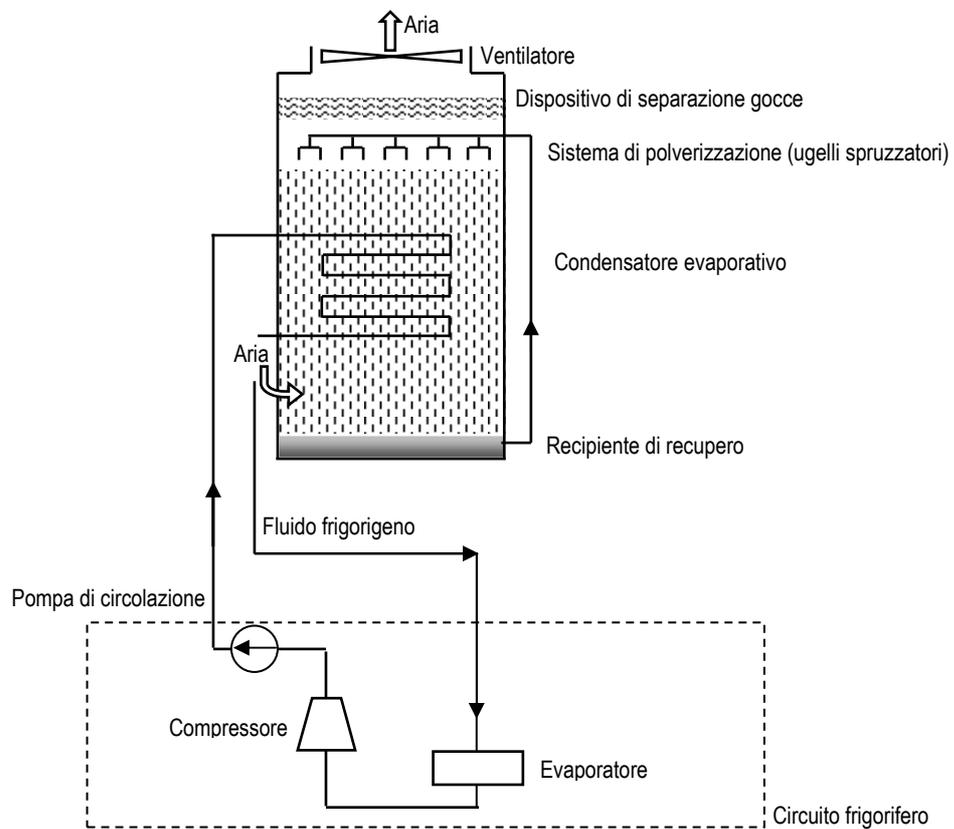
Nelle torri evaporative il raffreddamento dell'acqua avviene principalmente per effetto del trasferimento di massa [scambio di calore latente], giacché la parte di calore ceduta per convezione e conduzione [scambio di calore sensibile] è nulla in alta stagione e modesta in media stagione.

Una piccola porzione dell'acqua in circolo da raffreddare [normalmente meno del 1÷2%] evapora a contatto con l'aria atmosferica a spese del calore latente di evaporazione, fornito dalla rimanente porzione di liquido, che pertanto si raffredda ed è raccolta nel bacino inferiore, mentre l'aria, umidificata e riscaldata, è espulsa verso l'esterno.

Setto evaporativo o pacco alveolare

Per consentire questo processo, l'acqua da raffreddare viene nebulizzata attraverso ugelli su di una struttura alveolare di grande superficie (pacchi di scambio), attraversata da un flusso d'aria. Poiché, come si è detto, occorre favorire nella misura massima l'evaporazione dell'acqua, l'ottimizzazione delle prestazioni delle torri evaporative è ottenuta aumentando, quanto più possibile, le superfici di contatto fra aria e acqua: vale a dire spruzzando, con conseguente formazione di aerosol, e poi distribuendo l'acqua, su un riempimento ad elevata superficie specifica, e movimentando grandi portate d'aria in controcorrente o a flusso incrociato.

Schema di principio di una torre di raffreddamento a circuito aperto

Per evitare la fuoriuscita di goccioline d'acqua contenute all'interno del flusso d'aria uscente dalla torre evaporativa, si adottano sistemi di intercettazione come i "separatori di gocce" installati in prossimità della parte terminale della torre. Il funzionamento dei separatori di gocce è molto semplice: le gocce, durante il percorso reso obbligatorio dalla particolare sagomatura del separatore, ovvero da idonei deflettori, urtano contro la superficie di quest'ultimo, si uniscono tra loro, per effetto della forza di gravità, e cadono in una apposita vaschetta di raccolta.

L'efficacia dei separatori è condizionata dal numero dei deflettori (un buon separatore di gocce dovrebbe avere un numero di deviazioni pari a 4).

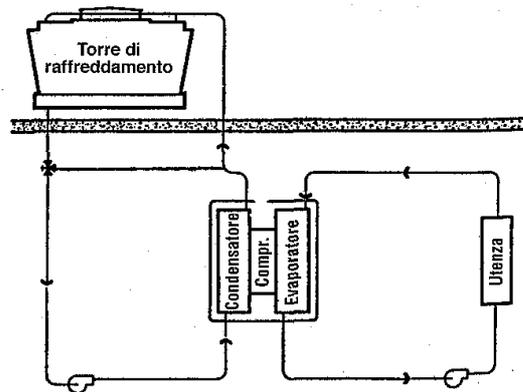
Le torri del secondo tipo (***a contatto indiretto***) sono denominate ***a circuito chiuso***; il fluido da raffreddare, che può anche essere diverso dall'acqua, è fatto ricircolare entro serpentine di tubi; questi tubi sono raffreddati esternamente da un flusso d'acqua che viene spruzzata continuamente entro la torre tramite una pompa di ricircolo e che è nel contempo raffreddata dal processo evaporativo. In questo caso si evita ogni tipo di contatto tra i due fluidi, mantenendo l'acqua di processo pulita ed incontaminata.

Schema di principio di una torre di raffreddamento a circuito chiuso

Schema di funzionamento di un condensatore evaporativo

Lo scarico di una torre evaporativa contiene quindi:

- aria atmosferica che, a causa del processo di evaporazione dell'acqua, è molto umida e quasi satura. Il vapore acqueo non può contenere batteri;
- goccioline di acqua [aerosol], in uscita dagli ugelli, che vengono trascinate all'esterno insieme alla corrente d'aria umida espulsa. Tale aerosol può contenere batteri, altri microrganismi o sostanze solide, se questi sono presenti nell'acqua di processo da raffreddare. Per evitare che la corrente d'aria trascini queste gocce d'acqua in atmosfera si ricorre in genere agli eliminatori di gocce, posti all'uscita del flusso d'aria.

Durante la stagione invernale l'aria umida uscente dalla torre evaporativa [al cui interno la temperatura è più elevata della temperatura esterna], a contatto con l'aria esterna fredda, [a temperatura inferiore a quella di rugiada] condensa, dando origine alla cosiddetta "fumana di vapore" o "pennacchio". Questo fenomeno può rappresentare un problema estetico dovuto alla necessità di schermare il pennacchio per evitarne la vista, ma anche un reale problema di sicurezza quando la barriera visiva viene creata in una zona dove la visibilità è importante (ad es. negli aeroporti, autostrade). Inoltre, nelle zone con clima freddo, la fumana di vapore creata attorno alla torre tende a scendere verso il terreno e, d'inverno, a formare uno strato di ghiaccio nell'area di accesso attorno alla torre stessa. Il problema del "pennacchio" prodotto in inverno dalle torri evaporative potrebbe essere eliminato installando, sull'espulsione dell'aria, una batteria riscaldante o, più abitualmente, di pre-raffreddamento, detta per l'appunto "batteria anti-plume", che cambia l'effettiva umidità relativa dell'aria espulsa dall'unità. Il costo di tale realizzazione, ma soprattutto il dispendio [meglio sarebbe dire lo spreco] energetico per ottenere questo risultato sono molto elevati rispetto al valore della torre.

3.1.3.1 TORRI DI RAFFREDDAMENTO A CIRCUITO APERTO

Le torri di raffreddamento a circuito aperto sono dispositivi di smaltimento evaporativo di calore nei quali l'aria atmosferica entra in contatto diretto con acqua calda proveniente da un impianto (si veda figura seguente). Il movimento dell'aria attraverso la torre tipicamente viene ottenuto con l'impiego di ventilatori. Le torri utilizzano tipicamente un materiale (comunemente detto materiale di riempimento) destinato ad incrementare il contatto tra l'acqua e l'aria.

Schema tipico di centrale frigorifera con torre di raffreddamento

Condizioni operative

Le torri associate agli edifici sono di solito utilizzate per smaltire calore proveniente da condensatori di gruppi refrigeratori (*chillers*). L'acqua calda proveniente dal condensatore di un gruppo refrigeratore viene inviata alla torre di raffreddamento, raffreddata dall'aria atmosferica e inviata nuovamente al condensatore da una o più pompe.

Temperatura

La temperatura dell'acqua delle torri di raffreddamento normalmente è compresa tra 29 e 35°C. A seconda del carico termico del sistema, della temperatura interna all'edificio e delle condizioni operative dell'impianto, la temperatura può salire fino e oltre 49°C e scendere sotto i 21°C.

Reti idriche

L'acqua fredda proveniente dalla torre di raffreddamento passa attraverso una, o più pompe e viene inviata a1 condensatore di un gruppo refrigeratore e poi di nuovo al sistema di distribuzione dell'acqua calda nella torre di raffreddamento. I circuiti possono avere configurazioni assai differenti. Essi possono contenere anche notevoli quantità di acqua. Possono esservi tratti di tubazioni a fondo cieco e zone di stagnazione difficili da pulire e da raggiungere con trattamenti biocidi.

3.1.3.2 TORRI DI RAFFREDDAMENTO A CIRCUITO CHIUSO

Si tratta di dispositivi di smaltimento evaporativo di calore simili alle torri a circuito aperto salvo una significativa differenza.

Il fluido di process0 (che può essere un liquido, come acqua, una miscela acqua/glicole etilenico, olio, ecc., oppure una miscela bifase, come un refrigerante in condensazione) cede calore all'aria atmosferica senza entrare in contatto con essa.

Lo scambio avviene attraverso una batteria di scambio termico.

Condizioni operative

La batteria di scambio termico e costituita da una serpentina, entro la quale circola il liquido da raffreddare. Acqua viene prelevata da un bacino di raccolta posto sotto la serpentina e quindi inviata, tramite una pompa, a una rete di distribuzione e a ugelli che la spruzzano sulla batteria. L'aria è forzata da ventilatori (configurazione aspirante o premente) e l'asportazione del calore viene ottenuta mediante l'evaporazione di parte dell'acqua che lambisce all'esterno la batteria, ottenendo in tal modo il raffreddamento del liquido contenuto nella batteria.

Temperatura

La temperatura dell'acqua nelle torri di raffreddamento a circuito chiuso e nei condensatori evaporativi è simile a quella delle torri di raffreddamento a circuito aperto.

Reti idriche

Tipicamente non ci sono tubazioni esterne in questi sistemi, pertanto, dal momento che l’acqua è completamente contenuta all’interno dell’apparato, le quantità presenti sono considerevolmente inferiori a quelle caratteristiche delle torri a circuito aperto.

Dimensioni delle gocce d’acqua

Le torri di raffreddamento e i condensatori evaporativi includono dispositivi denominati “separatori di gocce” che hanno il compito di eliminate la dispersione di goccioline provocata dal funzionamento di questi dispositivi.

L’ efficacia dei separatori di gocce varia notevolmente al variate delle caratteristiche di progetto (i separatori più recenti sono molto più efficienti di quelli di vecchia concezione) e dello stato di manutenzione. In generale, peraltro deve essere considerato possibile il fatto che una certa quantità di gocce di dimensioni inferiori a 5 µm possa sfuggire ai separatori ed uscire nell’aria. Inoltre, eventuali gocce di dimensioni superiori sfuggite al separatore posso ridursi a 5 µm o meno per effetto dell’evaporazione.

Nutrimento

Uno degli effetti collaterali del funzionamento delle torri di raffreddamento e dei condensatori evaporativi consiste nell'abbattimento di particolato contenuto nell'atmosfera; essendo rilevanti le quantità di aria trattate, il conseguente accumulo di materiali organici e di altre scorie può essere rilevante.

Queste sostanze costituiscono un ottimo nutrimento per la proliferazione di Legionella.

Vari tipi di biofilm possono formarsi sulle superfici di scambio termico, sugli elementi strutturali e di contenimento, nei bacini di raccolta e su altre superfici.

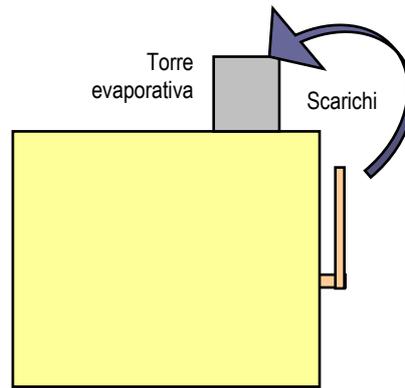
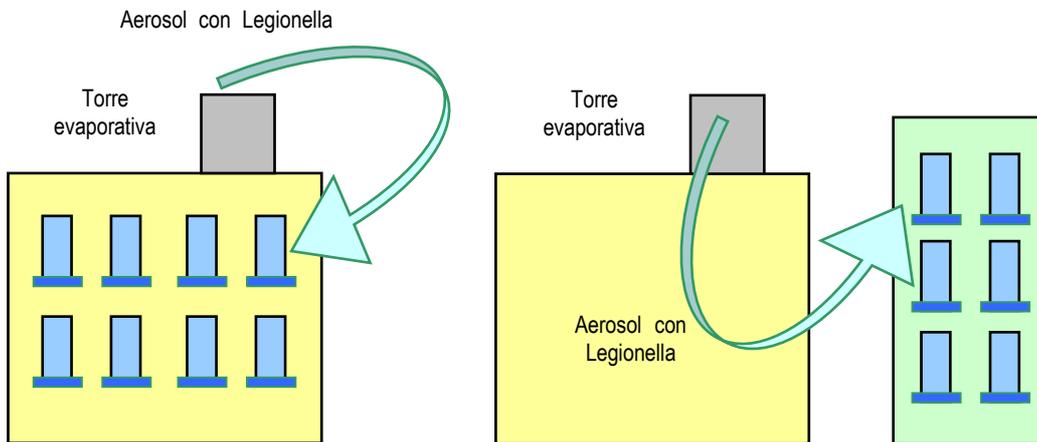
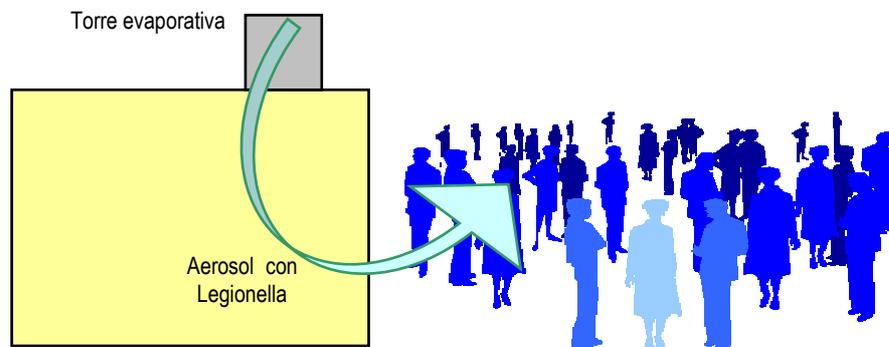
Casi associati di Legionellosi

Le torri di raffreddamento e i condensatori evaporativi sono risultati implicati in numerosi casi epidemici di legionellosi.

3.2 INSTALLAZIONE

Per quanto concerne l'installazione delle torri di raffreddamento e dei condensatori evaporativi, è consigliabile adottare le seguenti scelte e precauzioni.

Ubicazione delle torri e dei condensatori evaporativi

- Evitare installazioni nei pressi di scarichi che possano immettere nell'acqua destinata al processo di raffreddamento i nutrienti per la proliferazione di Legionelle (es. estrattori di aria calda, fumi di cucine);
- Evitare installazioni che possano causare l'introduzione dell'aerosol espulso in prese d'aria esterne e finestre dello stesso edificio o di edifici circostanti, oppure il convogliamento dello stesso in aree frequentate;
- Preferire installazioni che possano garantire un accesso facilitato al bacino di raccolta e agli altri elementi costituenti le torri, come ad esempio i passi d'uomo per l'ispezione e la manutenzione delle parti inferiori delle torri o le pareti asportabili.

Evitare installazioni nei pressi di scarichi

Evitare installazioni che possano causare l'introduzione dell'aerosol in prese d'aria esterne e finestre

Evitare installazioni che possano convogliare l'aerosol espulso in aree frequentate

Scelta dei materiali

Nella scelta della tipologia di torre (o di condensatore evaporativo) da installare bisogna tener conto del materiale di fabbricazione, al fine di garantire:

- una corretta schermatura dai raggi del sole ed evitare il raggiungimento di temperature alle quali possano proliferare *Legionelle*;
- un'adeguata resistenza nei confronti di agenti chimici e fisici al fine di contenere, nel tempo, la corrosione delle pareti e dunque la formazione di biofilm.

La struttura va scelta in base alle esigenze di processo e al territorio nel quale verrà ubicata la torre o il condensatore evaporativo. In generale, è preferibile prediligere materiali plastici, come ad esempio la vetroresina, caratterizzati da incorrodibilità ed inalterabilità; è consigliabile trattare tali materiali con vernici a base di resina poliestere, per assicurarne l'impermeabilità e la protezione da raggi U.V e da agenti chimici. Se si adottano pannelli tipo "sandwich" è possibile ottenere, infine, una buona resistenza meccanica e un buon effetto fonoassorbente nei confronti dello scroscio dell'acqua.

Esempio di torre evaporativa in vetroresina e PVC

1. Sistema motoventilante assiale in accoppiamento diretto, basse potenze installate, bassi livelli di rumorosità
2. Corpo e vasca interamente in vetroresina incorrodibile
3. Sistema di distribuzione in PVC con ugelli a larghi passaggi in polipropilene, inintasabili
4. Pacco di riempimento a larghi passaggi (onda 20 mm), adatto per utilizzo con acque industriali
5. Oblò di ispezione

Nel caso di particolari installazioni, quali ad esempio zone urbane caratterizzate da forte inquinamento o zone marine o industriali con presenza di fumi, è consigliabile invece optare per torri in lamiera zincata Sendzimir o in acciaio zincato a caldo con pannelli in vetroresina. In generale, l'impiego dei materiali metallici comporta la necessità di adottare idonee protezioni dalla corrosione, quali l'utilizzo di leghe speciali resistenti, ovvero l'applicazione di uno dei trattamenti indicati di seguito:

- ***Rivestimenti protettivi anticorrosivi (vernici antiruggine)***
- ***Protezione per formazione di composti superficiali***
- ***Protezione elettrica/elettrochimica***

Le condizioni d'esercizio, la durata ed il costo determinano quale dei metodi precedentemente descritti conviene adottare.

3.3 MANUTENZIONE

Per una corretta manutenzione delle torri di raffreddamento e dei condensatori evaporativi, si consiglia di seguire quanto di seguito indicato e di riportare i risultati ottenuti su un apposito registro di manutenzione.

Si precisa che alcune delle raccomandazioni sono state tratte dalle *linee-guida* per la prevenzione e il controllo della legionellosi della Conferenza Permanente per i rapporti tra lo Stato le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n. 103 del 05-05-2000, e da quelle rivolte ai gestori di strutture turistico - ricettive e termali (Gazzetta Ufficiale n. 28 del 04-02-2005).

- ⇨ L'acqua fredda presente nei serbatoi di accumulo che alimenta le torri va conservata ad una temperatura < 20°C; se questa temperatura non può essere mantenuta, si deve prendere in considerazione un trattamento che disinfetti l'acqua fredda.
- ⇨ Pulire almeno una volta al mese il bacino di raccolta dell'acqua e il filtro nel condotto di uscita d'acqua.
- ⇨ Controllare mensilmente gli ugelli spruzzatori. Quando la pompa di circolazione dell'acqua è in funzione e i ventilatori sono fermi, aprire la porta di ispezione e verificare che tutti gli ugelli spruzzino l'acqua correttamente. Per pulire gli ugelli è sufficiente rimuoverli dalla diramazione sulla quale sono avvitati, spruzzarli con aria compressa e scrostarli con un sottile filo di ferro o un disincrostante.
- ⇨ Controllare lo spurgo dell'acqua (bleed-off) e verificarne il corretto funzionamento alla portata prevista.
- ⇨ Controllare gli eventuali sistemi di addolcimento dell'acqua, se presenti, secondo le istruzioni del fornitore.
- ⇨ Verificare la struttura della torre per individuare ruggini o corrosioni. Nel caso, intervenire tempestivamente ripristinando, con le apposite vernici, lo strato di protezione.
- ⇨ Pulire, disinfettare e drenare il sistema:
  - *prima del collaudo;*

- *alla fine della stagione di raffreddamento o prima di un lungo periodo di inattività;*
- *all'inizio della stagione di raffreddamento o dopo un lungo periodo di inattività;*
- *almeno due volte l'anno.*

⇨ Quando il fermo delle apparecchiature supera i 3 giorni, è bene procedere al loro completo svuotamento. Se questo non è possibile, è consigliabile sottoporre l'acqua stagnante ad un adeguato trattamento con biocidi.

⇨ Disinfettare almeno una volta l'anno con 50 mg/L di cloro per un'ora sia i serbatoi pieni di acqua che le_condutture di mandata dell'acqua fredda che alimentano le torri.

Per un approfondimento in merito alla disinfezione delle torri, si rimanda ai trattamenti indicati nel capitolo conclusivo.

3.4 PUNTI CRITICI

Dalla descrizione fatta sugli impianti di raffreddamento industriale con l'utilizzo delle sole torri di raffreddamento o dei condensatori evaporativi, o ancora con l'impiego dell'intero gruppo frigorifero, può derivare la determinazione dei punti di critici sui quali eseguire campionamenti e successive analisi microbiologiche periodiche finalizzate al riscontro della carica microbica totale e della *Legionella*.

Descrizione	***Frequenza di campionamento***	***Matrice da campionare***
Recipiente di recupero	almeno due volte l'anno	acqua
Ugelli spruzzatori (ove accessibili)	almeno due volte l'anno	biofilm
Torre (ove accessibile)	almeno due volte l'anno	campionamenti di aria con piastre di contatto (SAS)

Per quanto concerne la carica microbica totale si ammette una carica di **10^7 CFU/l** (con una temperatura di incubazione di 20 ± 1°C e 36 ± 1°C) ; per quanto riguarda la *Legionella*, sono previsti specifici interventi da effettuare a seconda della concentrazione rilevata (si veda tabella seguente).

Legionella (cfu/l)	*Intervento richiesto*
≤ 1.000	Nessun intervento
> 1.000 ≤ 10.000	Verificare che siano in atto le misure di controllo ed effettuare una valutazione del rischio. In presenza di un caso singolo o di un cluster rivedere le misure di controllo messe in atto ed effettuare una bonifica
> 10.000	Contaminazione importante: mettere in atto immediatamente misure di bonifica. Successiva verifica dei risultati, sia immediatamente dopo la bonifica, sia periodicamente per verificare l'efficacia delle misure adottate.

SOLUZIONI MIGLIORATIVE

SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO CON USO DI ARIA (DRY COOLERS)

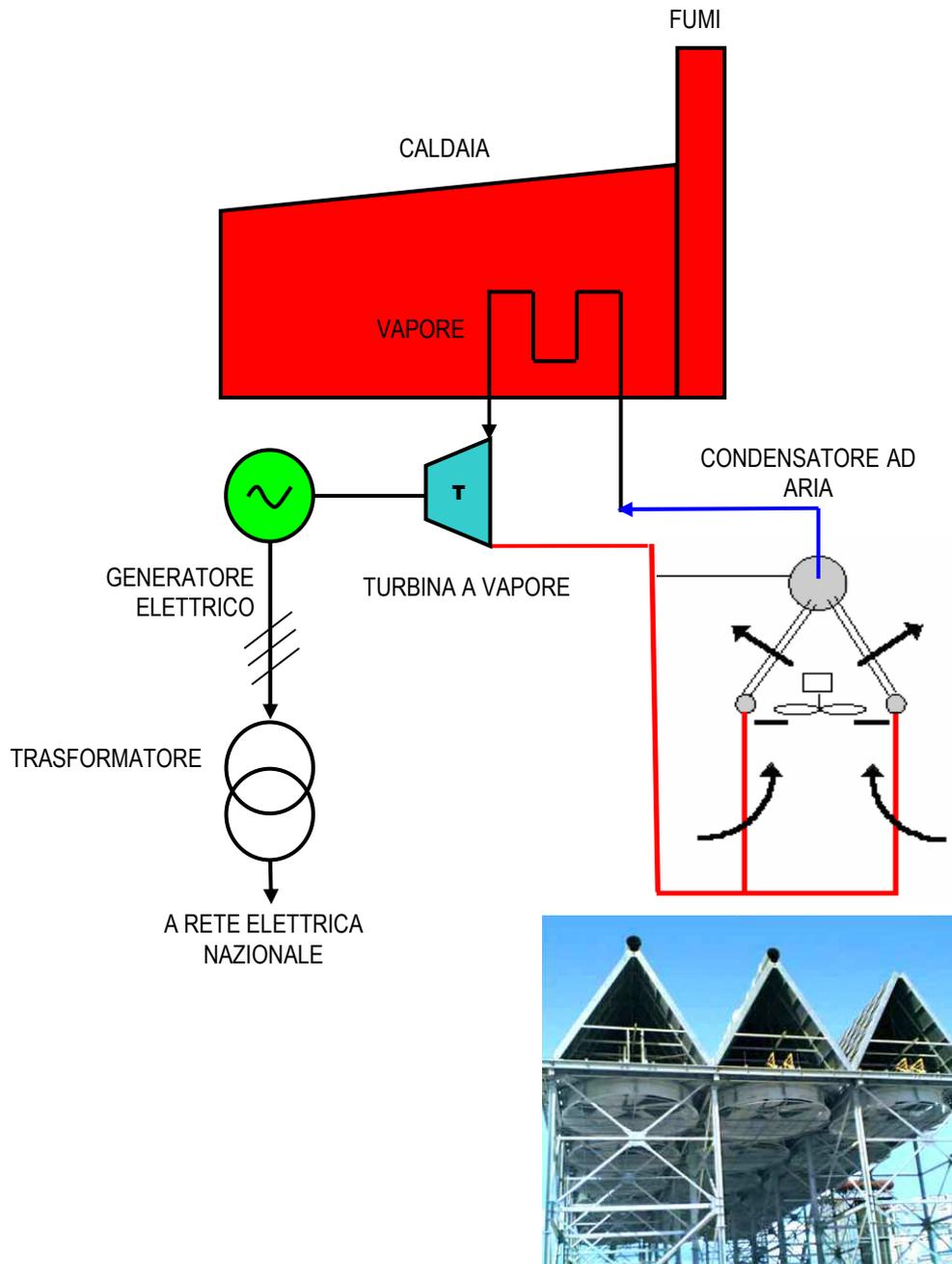
L'utilizzo di raffreddatori d'acqua a secco risolve drasticamente tutti i problemi legati alle torri umide e ai condensatori evaporativi: lo scambio termico tra aria e acqua si concretizza a mezzo di batterie alettate, in maniera identica a quanto accade durante la fase di condensazione in una macchina frigorifera.

L’aria ventilata raffredda l’acqua che fluisce all’interno di apposite tubazioni; tale sistema viene denominato “condensatore ad aria” o “dry cooler”.

Il suddetto meccanismo garantisce la separazione fisica dell’acqua dall’aria, conseguendo i seguenti vantaggi:

- annullamento del consumo di acqua;
- minore manutenzione (pulizia della batteria di scambio termico).

Di contro vi è da considerare una minore efficienza di scambio termico e un maggiore costo di investimento causato dall’utilizzo di grandi superfici di scambio realizzate in materiali pregiati quali il rame e l’alluminio.

Di seguito si riporta una sezione di un classico schema funzionale di centrale termoelettrica con l’utilizzo di condensatori ad aria.

Il vapore, generato dal riscaldamento dell'acqua a mezzo di combustione in caldaia, viene convogliato nella turbina che, ruotando, trascina l'alternatore permettendo la generazione di energia elettrica.

A valle dell'alternatore viene installato un trasformatore atto all'innalzamento della tensione.

Il vapore in uscita dalla turbina viene fatto passare nel condensatore ad aria e trasformato in acqua per consentire nuovamente il ciclo di riscaldamento e di evaporazione.

UGELLI ZERO MANUTENZIONE

Gli ugelli cosiddetti "zero manutenzione" possono essere impiegati nella nebulizzazione di acqua sulla batteria di scambio termico.

Essi vengono realizzati in gomma autopulente, con ampio diametro e grande portata, per effettuare una larga e uniforme distribuzione dell'acqua ed evitare zone secche con possibili incrostazioni. L'ampio diametro degli ugelli consente, inoltre, di ridurre la prevalenza necessaria della pompa e di conseguenza il consumo di energia.

SURRISCALDAMENTO DEL VAPORE IN TESTA ALLE TORRI: TORRI IBRIDE

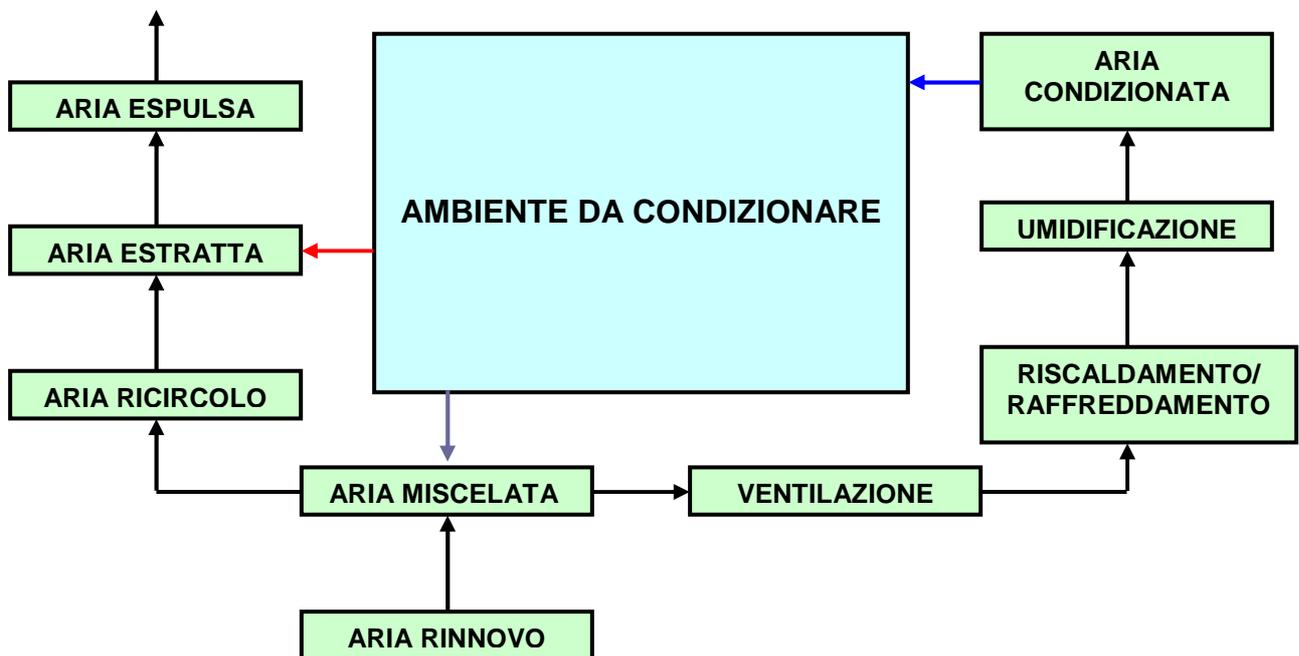
Per quanto riguarda l'emissione del vapore acqueo dalle torri, va evidenziato che è possibile diminuire il rischio di contaminazione a mezzo dell'utilizzo di dispositivi "anti-fumana", ovvero tramite il riscaldamento dell'aria satura espulsa dal ventilatore: la temperatura del vapore viene portata oltre il *range* in cui la *Legionella* può proliferare.

Questa tecnica viene attuata, in realtà, per evitare la formazione del cosiddetto "pennacchio", di pessimo impatto visivo, soprattutto nei periodi invernali: il vapore in uscita viene aspirato e riscaldato da radiatori, annullando la possibilità di condensazione negli strati bassi dell'atmosfera. La torre di raffreddamento con l'aggiunta della sezione a secco di post-riscaldamento viene denominata torre ibrida. Le torri ibride, rispetto a quelle ad umido semplici, risultano più onerose dal punto di vista della gestione e della manutenzione, necessitando di un'altezza maggiore per l'inserimento dell'antifumana e, di conseguenza, di un maggiore impiego di potenza da parte della pompa di circolazione e del ventilatore di espulsione dell'aria satura.

4. IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA E DI UMIDIFICAZIONE

4.1 DESCRIZIONE

Il condizionamento dell'aria è un processo atto a raggiungere, in un determinato ambiente chiuso, valori termoigronometrici prefissati al fine di garantire delle condizioni di benessere fisiologico alle persone che devono permanere nell'ambiente considerato. Tra le principali variabili termoigronometriche riferite all'aria umida, attraverso gli impianti di condizionamento si riescono a modulare: la percentuale di umidità relativa, la temperatura e la velocità dell'aria stessa.

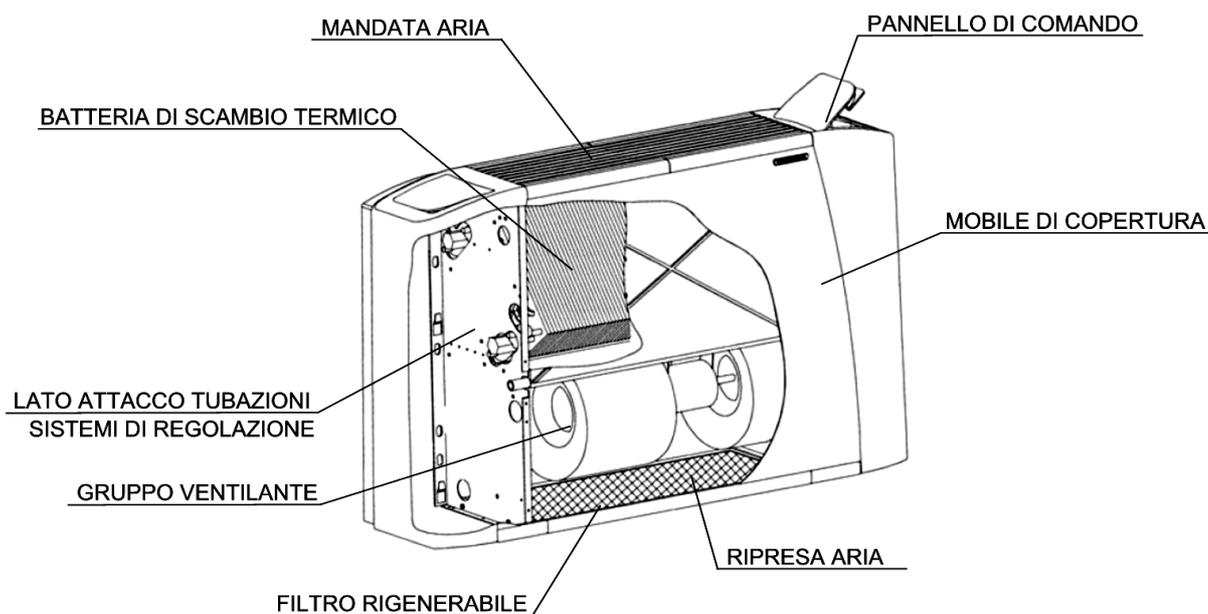
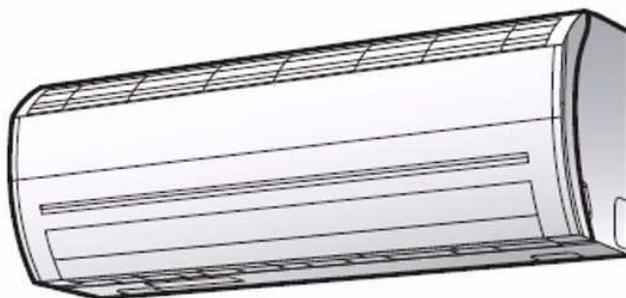
Nello schema seguente è rappresentato, in modo sommario, il percorso logico di un impianto di condizionamento. Ciascuna funzione è realizzata da uno o più componenti e controllata a mezzo di strumentazione di misura.

Nelle figure sottostanti, invece, sono rappresentate le funzioni svolte da due impianti di condizionamento-tipo.

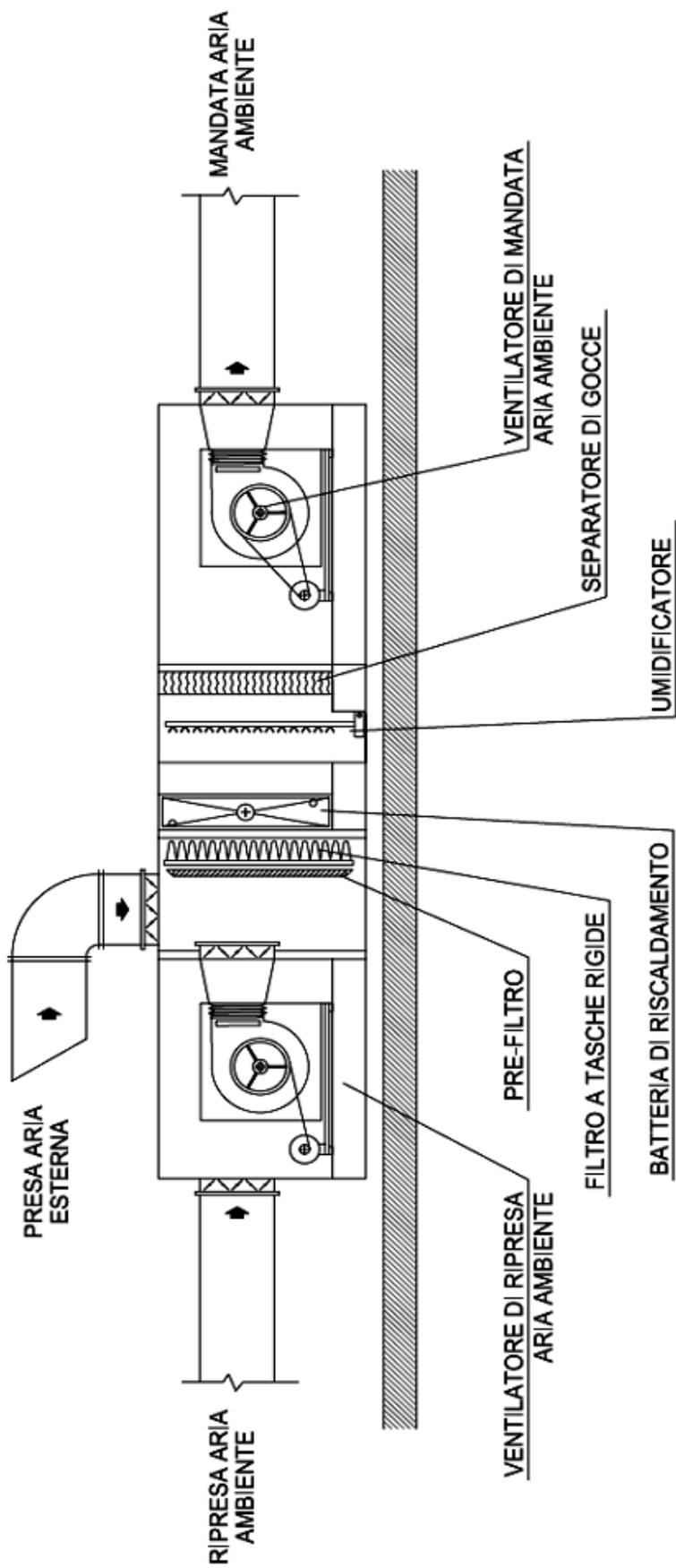
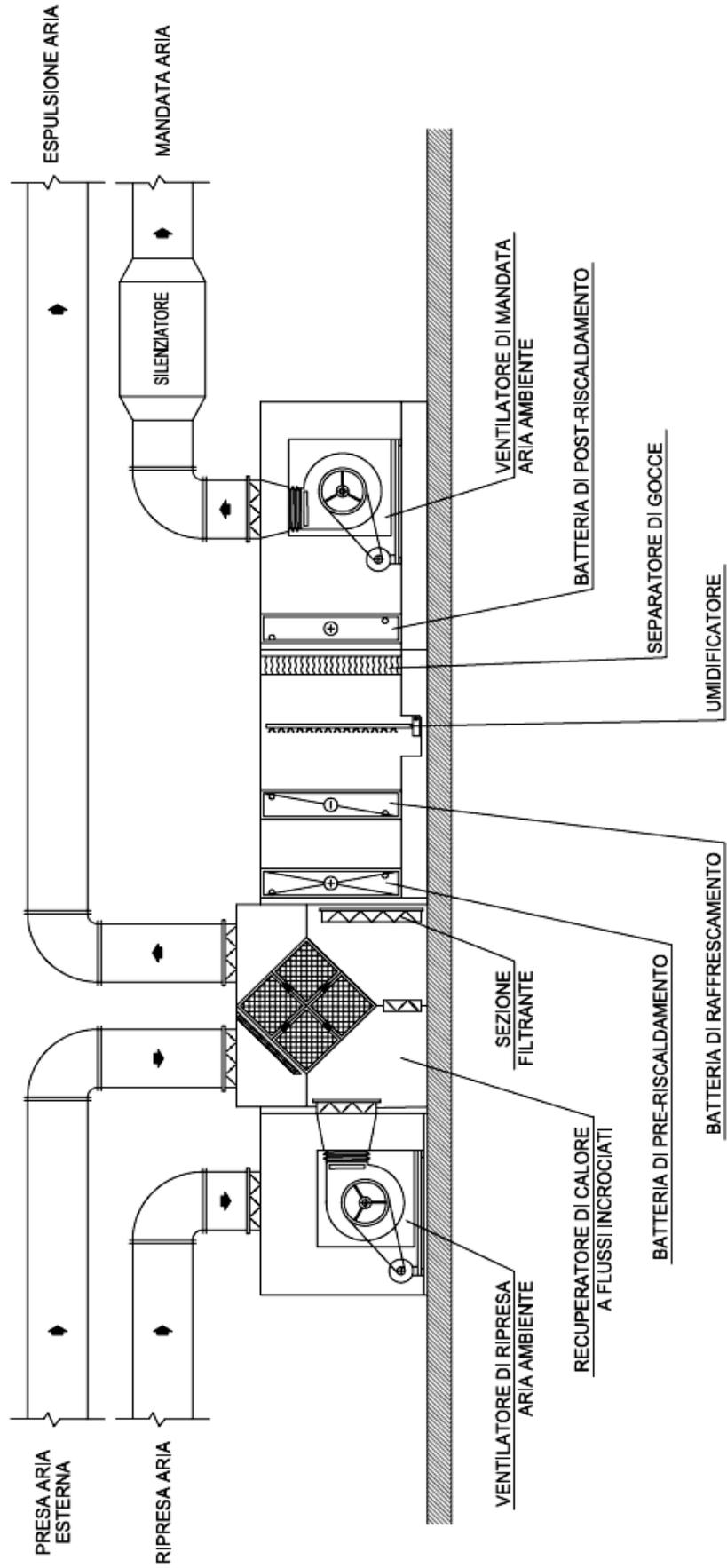
Il primo schema rappresenta un sistema semplice, adatto al condizionamento della sola temperatura invernale: il calore, proveniente da una centrale termica centralizzata, viene distribuito nell'ambiente con un ventilconvettore o fan-coil. In pratica, un ventilatore muove l'aria,

prelevata dallo stesso ambiente, facendola passare su uno scambiatore di calore nel quale circola acqua calda. Nell'impiantistica più articolata, si fa riferimento ad un'unità termoventilante.

Il secondo schema rappresenta un sistema più completo con ricambio dell'aria e recupero di calore, riscaldamento, raffreddamento, umidificazione e post-riscaldamento.

Il primo ventilatore a sinistra ha il compito di estrarre l'aria viziata dal locale condizionato; l'aria, passando nella sezione di recupero munita di serrande, in parte esce nella sezione di espulsione, previo preriscaldo dell'aria esterna in ingresso (con conseguente recupero di calore e risparmio energetico), in parte (in funzione della posizione della serranda di by-pass) viene miscelata con aria proveniente dall'esterno.

Il secondo ventilatore è quello che consente al flusso d'aria di giungere in tutti gli ambienti interessati.

Fan-coil a pavimento

Fan-coil a parete

UNITA' TERMOVENTILANTE (Fuori Scala)

CENTRALE DI TRATTAMENTO ARIA
(Fuori Scala)
PRESA ARIA
ESTERNA
RIPRESA ARIA
ESPULSIONE ARIA
SILENZIATORE
MANDATA ARIA
VENTILATORE DI RIPRESA
ARIA AMBIENTE
SEZIONE
FILTRANTE
RECUPERATORE DI CALORE
A FLUSSI INCROCIATI
BATTERIA DI PRE-RISCALDAMENTO
BATTERIA DI RAFFRESCAMENTO
UMIDIFICATORE
SEPARATORE DI GOCCE
BATTERIA DI POST-RISCALDAMENTO
VENTILATORE DI MANDATA
ARIA AMBIENTE

Si riportano di seguito, in maniera più dettagliata, i principali componenti degli impianti di condizionamento.

Condotte

Le condotte utilizzate in un impianto di condizionamento possono essere essenzialmente di due tipi: destinate al trasporto di acqua o destinate al trasporto di aria.

Nel primo caso, le tubazioni sono costituite dai materiali già indicati nel paragrafo dedicato all'approvvigionamento idrico, dotati di rivestimento con gesso o polistirolo (nei casi più datati) o poliuretano per ridurre la dispersione del calore o del freddo.

Nel secondo caso le condotte hanno sezione maggiore e, lungo il tragitto, nascosto in genere all'interno di pannellature, vengono dotate di bocchette per convogliare l'aria negli ambienti da condizionare o di tubi flessibili di collegamento tra il condotto rigido e l'accessorio alla diffusione. Tali feritoie devono essere fornite di griglia o possono essere realizzate da distributori ad imbuto (ugelli). Possono essere munite di serrande mobili, automatiche o manuali, al fine di regolare la portata d'aria.

In genere una condotta separata è dedicata all'espulsione dell'aria verso l'esterno. Negli ultimi anni si sono diffuse condotte in tessuto ad alta induzione o maniche di distribuzione aria ovvero condotte in pannelli in poliuretano con pellicola, in alluminio su entrambe le facce.

Silenziatori

I silenziatori sono dispositivi utilizzati per ridurre il rumore negli impianti di ventilazione, condizionamento, aspirazione, scarico, ecc.

Si possono classificare in rettangolari e circolari:

- il silenziatore rettangolare è costituito da un involucro in lamiera zincata recante setti composti da un telaio in lamiera zincata contenente pannelli in materiale fonoassorbente.
- il silenziatore circolare è costituito da un involucro rotondo in lamiera zincata contenente al suo interno un materassino in materiale fonoassorbente con un rivestimento antierosione.

Filtri

Esistono due sezioni filtranti (si veda schema pagina precedente): la prima, denominata "sezione di prefiltrazione", permette di mantenere pulite le altre parti dell'impianto di condizionamento, come le batterie di scambio termico, gli umidificatori, i ventilatori, etc; l'altra sezione, denominata "filtrazione finale", si trova in genere dopo i ventilatori, a monte delle

condotte di mandata; ad essa è deputata la filtrazione dell'aria inviata negli ambienti da condizionare.

Si riscontrano, anche se meno diffusi, impianti di filtrazione elettrostatica. L'impianto si compone del blocco filtro elettrostatico ad alta efficienza da inserire in unità di trattamento aria, di spilli emettitori di ioni negativi da inserire all'interno del sistema di distribuzione aria, nonché del neutralizzatore di ioni negativi/emettitore in ambiente per rivitalizzazione ambientale da posizionare in prossimità della diffusione in ambiente dell'aria e del quadro elettrico di controllo.

Serrande

Le serrande, costituite generalmente da strisce di alluminio o di acciaio, sono incernierate su un lato o in mezzeria e quindi possono ruotare in modo da regolare il flusso dell'aria che circola nei tubi. Il movimento può essere automatico, cioè dipendente dalla pressione, dalla velocità nonché dalla qualità dell'aria ambiente, oppure manuale, cioè regolabile agendo su una leva, oppure dipendente da un motore.

In quest'ultimo caso il motore è collegato a sensori che rilevano la temperatura, l'umidità relativa e la concentrazione di CO/CO2 dell'ambiente e agisce sulle serrande modulando la portata d'aria di rinnovo.

Le serrande tagliafuoco sono invece componenti che hanno la funzione di compartimentare e sezionare il sistema aeraulico al fine di delimitare la zona oggetto di incendio.

Miscelatori

I miscelatori garantiscono il mescolamento dell'aria di ricircolo (aria esausta) e l'aria di rinnovo, in dosi regolate da opportune serrande asservite al sistema di controllo della qualità dell'aria.

Recuperatori

Tali apparati possono essere:

- a pacco di tubi alettati ad acqua glicolata o ad espansione diretta di gas;
- scambiatori aria/aria a flusso incrociato od in controcorrente. Questi recuperatori spesso sono impiegati su flussi d'aria che non devono venire in contatto fra loro; in questi casi è opportuno verificare che non vi siano comunicazioni fra i due circuiti mettendone uno in pressione e verificando che la conservi;
- recuperatori rotanti, in grado di recuperare non solo il calore sensibile ma anche il tenore di umidità.

Batteria di raffreddamento

Il raffreddamento è assicurato dalla circolazione di acqua refrigerata o di altro fluido frigorigeno, a mezzo di apposito impianto frigorifero (si rimanda ai paragrafi precedenti).

Batteria di riscaldamento

Il riscaldamento è assicurato dalla circolazione di acqua calda o di vapore, prodotti da apposita caldaia, oppure dall'azione di idonee resistenze elettriche.

Sezione di umidificazione

La sezione di umidificazione, prevista per fornire all'aria la quantità di vapor d'acqua necessaria per renderla atta a mantenere negli ambienti il richiesto grado di umidità relativa, può essere di diversi tipi:

- Umidificatore adiabatico e separatore di gocce: l'umidificatore è costituito da una serie di ugelli spruzzatori, una vasca di raccolta del liquido ricircolato, una pompa che estrae l'acqua dalla vasca e la spinge attraverso gli ugelli e da un dispositivo separato che raccoglie le gocce non evaporate facendole defluire nella vasca di raccolta (a questa tipologia appartengono anche gli umidificatori ad alta pressione con nebulizzazione delle particelle d'acqua inserite nel flusso d'aria).
- Umidificatore a pacco evaporante a ricircolo d'acqua: ciascun elemento modulare viene alimentato mediante una linea separata per ottenere la massima uniformità di flusso. L'acqua in eccesso viene raccolta in una vasca posta sul fondo dalla quale pesca la pompa di ricircolo.
- Umidificazione a vapore (si veda paragrafo "soluzioni migliorative"), realizzata iniettando vapore nella corrente d'aria. Il vapore può essere prodotto localmente, a mezzo di energia elettrica (con resistenze o elettrodi immersi), oppure centralmente, a mezzo di caldaia a vapore.

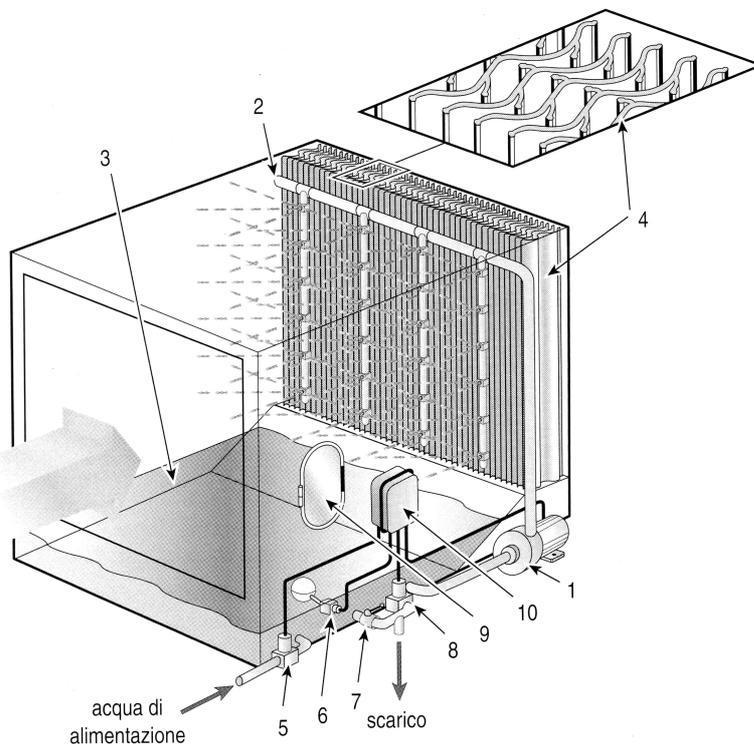
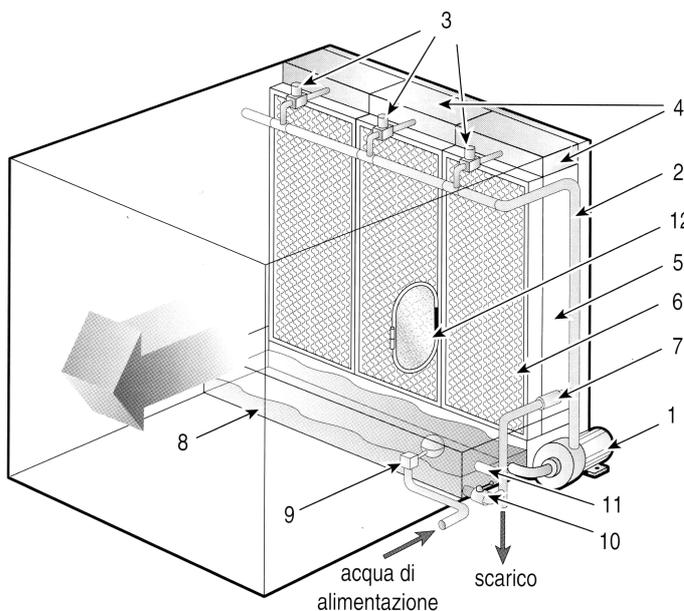
Sezione di ventilazione

La sezione di ventilazione ha il compito di far muovere l'aria con portata e velocità prefissate.

I ventilatori hanno caratteristiche di portata e prevalenza che dipendono anche dalle loro caratteristiche tipologiche (assiali, centrifughi, plug-fan, ecc.) e dalle caratteristiche di trasmissione del moto (diretta, indiretta).

UMIDIFICATORI ADIABATICI

Schema di umidificatore adiabatico e separatore di gocce (fuori scala)

L'umidificatore è costituito da una serie di ugelli spruzzatori, una vasca di raccolta del liquido ricircolato, una pompa che trae l'acqua dalla vasca e la spinge attraverso gli ugelli e da un dispositivo separatore che raccoglie le gocce non evaporate facendole defluire nella vasca di raccolta.

1	Pompa di ricircolo	6	Interruttore di livello
2	Bancate di ugelli spruzzatori	7	Rubinetto di drenaggio manuale
3	Vasca di raccolta	8	Elettrovalvola di drenaggio
4	Separatore di gocce	9	Oblò di ispezione
5	Elettrovalvola di alimentazione	10	Quadro di comando

Schema umidificatore modulare a pacco evaporante a ricircolo d'acqua (fuori scala)

Ciascun elemento modulare viene alimentato mediante una linea separata per ottenere la massima uniformità di flusso. L'acqua in eccesso viene raccolta in una vasca posta sul tondo da dove pesca la pompa di ricircolo.

1	Pompa di ricircolo	7	Valvola automatica di diluizione
2	Collettore di distribuzione	8	Vasca di raccolta
3	Elettrovalvole di parzializzazione	9	Valvola a galleggiante
4	Testate di distribuzione dell' acqua	10	Rubinetto di drenaggio manuale
5	Elementi umidificatori	11	Troppo pieno
6	Separatori di gocce	12	Oblò di ispezione

4.2 INSTALLAZIONE

Rimandando alle specifiche norme UNI per quanto concerne le prescrizioni in merito ad una corretta installazione dal punto di vista impiantistico e funzionale, di seguito si riportano le indicazioni da osservare ai fini della prevenzione da *Legionella*. Si precisa che alcuni suggerimenti sono stati tratti dalle Linee guida per la prevenzione e controllo della legionellosi (*Gazzetta Ufficiale Numero 103 – Serie generale del 5 maggio 2000)* , dal Provvedimento della Conferenza Permanente Stato Regioni n. 2636del 5 ottobre 2006 (*Gazzetta Ufficiale Numero 256 – Serie generale del 3 novembre 2006)* e dalle *Linee guida sulla manutenzione degli impianti di climatizzazione (2004) AICARR.*

Condotte per acqua

- Si rimanda a quanto riportato nel capitolo sull'approvvigionamento idrico degli impianti.

Condotte per aria e terminali

- Prendere in esame la possibilità di drenare efficacemente i fluidi usati per la pulizia.
- Evitare di installare i silenziatori (isolamento termico) all'interno delle condotte, considerata la difficoltà di pulirli in modo efficace.
- Dotare (a monte e a valle) gli accessori posti sui condotti (serrande, scambiatori, ecc.) di apposite aperture, di dimensioni idonee a permettere la loro pulizia e di raccordi tali da consentirne un rapido ed agevole smontaggio e rimontaggio, assicurandosi che siano fornite accurate istruzioni per il montaggio e lo smontaggio dei componenti.
- Utilizzare materiali sufficientemente solidi per i condotti flessibili, tali da permetterne la pulizia meccanica.
- Utilizzare terminali smontabili.

Prese d'aria esterne

- L'impianto dovrà essere installato, rispetto alla quota dei passaggi pedonali, ove consentito, ad un'altezza di norma non inferiore a metri 2,50, misurati dal filo inferiore dell'impianto stesso.
- Le prese d'aria esterna, se poste su pareti verticali non protette, devono essere dimensionate per velocità non superiori a 2 m/s e devono essere dotate di efficaci sistemi per evitare che l'acqua penetri al loro interno.
- Le prese d'aria esterne devono essere munite di rete "anti-insetti".

- Bisogna infine evitare di posizionare le prese d'aria esterna del sistema in zone a rischio, in particolare nelle vicinanze di torri evaporative e di oggetti come arredi, piante, e simili in grado di interferire con la loro corretta funzionalità, causando problemi igienici.

Filtri

Per quanto concerne il grado di efficienza dei filtri, nella sezione di prefiltraggio è consigliabile installare dispositivi del tipo F7 o EU7, mentre nella sezione di filtraggio finale dispositivi del tipo F8 o EU 8 o F9 o EU 9. Sui sistemi di ripresa dell'aria dovrebbero essere installati filtri almeno di classe F7 o EU 7.

Per le applicazioni più sensibili (sale operatorie, camere sterili o camere bianche) si adottano, a valle del trattamento aria o direttamente in ambiente, filtri “assoluti” a partire dalla classe H13 o EU13.

Normative per la classificazione dei filtri d'aria

UNI EN 799-2002

Classe	Efficienza in massa media (Am) misurata con polvere sintetica (%)	Efficienza in numero medio (Em) per particelle con diametro di 0,4 µm (%)	Metodo Eurovent 4/9
G1	$50 \le Am < 65$	-	EU1
G2	$65 \le Am < 80$	-	EU2
G3	$80 \le Am < 90$	-	EU3
G4	$Am \ge 90$	-	
EU4			
F5	-	$40 \le Em < 60$	EU5
F6	-	$60 \le Em < 80$	EU6
F7	-	$80 \le Em < 90$	EU7
F8	-	$90 \le Em < 95$	EU8
F9	-	$Em \ge 95$	
EU9			

UNI EN 1822-1

Classe	Efficienza globale (%)	Efficienza locale (%)	Metodo Eurovent 4/4
H10	85	-	EU10
H11	95	-	EU11
H12	99,5	-	EU12
H13	99,95	99,75	EU13
H14	99,995	99,975	EU14
U15	99,9995	99,9975	EU15
U16	99,99995	99,99975	EU16
U17	99,999995	99,9999	EU17

Batterie di scambio termico

Nella sezione di scambio termico occorre installare bacinelle di raccolta inclinate, in modo da evitare ristagni, e realizzarle con materiali anticorrosivi per agevolarne la pulizia.

Umidificazione

Una buona cura nella realizzazione dei bacini (o bacinelle) di raccolta della condensa, porta sicuramente a migliori risultati e ad una maggiore sicurezza igienica dell'impianto.

Le bacinelle devono essere realizzate a singola o a doppia pendenza, ovvero con inclinazione lungo due direzioni in modo da garantire il migliore smaltimento della condensa.

E' possibile in questo modo evitare il ristagno di acqua all'interno delle bacinelle e la conseguente possibilità di proliferazione, al suo interno, di funghi e batteri, compresa la *Legionella*, potenziali veicoli di malattie.

Inoltre utilizzando acciaio inox o altro materiale metallico non soggetto a corrosione (ad esempio trattato con verniciatura epossidica atossica), viene facilitato il completo svuotamento delle bacinelle per l'assenza di punti di corrosione.

Il corretto dimensionamento dei sifoni di scarico è indispensabile per un efficace drenaggio della condensa ed evita, al tempo stesso, il rientro di aria non trattata all'interno dell'unità.

Infine, è consigliabile:

- ⇨ Usare solo sistemi umidificanti con acqua a perdere, perché il recupero esalta i rischi sanitari;
- ⇨ Impedire la diffusione di gocce d'acqua in ambiente tramite l'interposizione di una barriera meccanica.

Silenziatori

I materiali fonoassorbenti impiegati di solito sono del tipo poroso e fibroso, quindi particolarmente adatti a trattenere lo sporco e di difficile pulizia. Le finiture superficiali dovrebbero essere tali da limitare tali inconvenienti, anche se questo porta ad una maggiore estensione delle superfici e quindi a costi più elevati. Inoltre occorre osservare le distanze consigliate dai costruttori tra tali dispositivi e gli umidificatori.

Infine si ricorda che, se lo scambio termico avviene tramite pannelli radianti, nel periodo estivo occorre porre attenzione al valore della temperatura superficiale, che non deve scendere fino alla temperatura di rugiada e quindi provocare la formazione di condensa o di muffe (documento CTI 5_716, Soffitti freddi).

4.3 MANUTENZIONE

Rimandando alle specifiche norme UNI per quanto concerne le prescrizioni in merito ad una corretta manutenzione dal punto di vista impiantistico e funzionale, di seguito si riportano le operazioni da eseguire periodicamente ai fini della prevenzione da *Legionella*. Si consiglia di trascrivere le azioni manutentive su un apposito registro.

Alcuni suggerimenti sono stati tratti, anche in questo caso, dalle Linee guida per la prevenzione e controllo della legionellosi (*Gazzetta Ufficiale Numero 103 – Serie generale del 5 maggio 2000),* dal Provvedimento della Conferenza Permanente Stato Regioni n. 2636 del 5 ottobre 2006 (*Gazzetta Ufficiale Numero 256 – Serie Generale del 3 novembre 2006),* dalle *Linee guida sulla manutenzione degli impianti di climatizzazione (2004) AICARR* e dalla norma tedesca *Vdi 6022 del 1998 "Hygienic standard for ventilation and air-conditioning systems for offices and assembly rooms"*.

Ove non espressamente indicato, si consiglia di eseguire le ispezioni manutentive con frequenza annuale nel caso di sistemi con umidificazione ad acqua, biennale nel caso di sistemi con umidificazione a vapore, triennale per i sistemi senza sezione di umificazione.

Condotte per acqua

Si rimanda a quanto riportato nel capitolo sull'approvvigionamento idrico degli impianti.

Condotte per aria

Anche i canali devono essere protetti accuratamente dalla sporcizia, secondo le indicazioni fornite nella UNI ENV 12097/1999 - Manutenzione delle condotte. Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte.

Nella norma sono anche fornite indicazioni sulla posizione delle aperture di ispezione.

Ogni elemento del sistema di distribuzione aria (condotte di mandata, ripresa, espulsione, serrande di taratura, tagliafuoco, silenziatori, accessori per la distribuzione in ambiente (bocchette, diffusori, griglie, ...) deve essere verificato e mantenuto in perfetto stato di funzionamento e di pulizia.

Il sistema aeraulico è considerato pulito quando tutte le superfici, comprese le condotte d'aria,
presentano una quantità di particolato inferiore a 1 g/m2. (Art. 5, comma 2, L.R. 24/2002 Regione Liguria).

Video-ispezione

Le condotte d'aria devono essere periodicamente ispezionate sia sul lato esterno sia sul lato interno, nei punti di ispezione definiti in corrispondenza dei vari componenti (silenziatori, serrande di regolazione, serrande tagliafuoco, ecc.).

La metodologia di ispezione si basa sull'uso di una sonda/unità video ad alta definizione, con la registrazione di filmato all'interno delle condotte, per determinare con chiarezza i punti più critici di sporcamento dell'impianto di distribuzione aria. L'ispezione video deve essere completata con la verifica microbiologica per quantificare la carica batterica totale, la carica muffe/lieviti totale e la *Legionella*, in presenza di acqua (umidificazione e/o raccolta condensa).

Per la *Legionella* non esistono valori accettabili: deve essere verificata l'assenza di colonie. Nel caso di presenza di *Legionella* e di valori eccessivi di cariche microbiche e/o particolato è necessario effettuare la bonifica delle condotte (pulizia ed igienizzazione). I livelli di carica batterica e di muffe invece possono essere confrontati con i livelli limite stabiliti dalla National Air Duct Cleaners Association (NADCA), che rappresentano il riferimento anche per la quantità ammissibile di deposito di particolato all'interno delle condotte.

Il documento NADCA 01 "Pulizia meccanica di componenti per la distribuzione dell'aria di tipo non-poroso" Edizione 1992, "fornisce i requisiti prestazionali ed i criteri di valutazione (attraverso ispezioni e/o test) per la pulizia meccanica di condotti non porosi, ventilatori, batterie di scambio ed altri componenti non porosi nel sistema di distribuzione dell'aria in edifici commerciali e residenziali".

Viene indicata, in tale documento, una procedura per effettuare un test d'aspirazione, inteso come verifica dell'efficacia dell'intervento di pulizia. In base a questo è possibile stabilire la quantità di polvere presente su un m^2 di tubazione.

Nelle norme europee la tendenza è quella di indicare una quantità di polvere residua massima ammissibile, lungo le superfici interne delle canalizzazioni dopo l'intervento di bonifica, pari a 1 g/m^2.

Coibentazione interna con rilievo di un alveare

Formazione di muffe su una serranda di regolazione

Bonifica

In linea di massima si procede a partire dalle unità di trattamento d'aria verso la parte terminale della canalizzazione. Il tratto di canalizzazione su cui si opera deve essere isolato per mezzo di palloni gonfiabili in gomma posti alle estremità del condotto, sigillando eventuali diffusori e/o griglie presenti nel tratto interessato dall'intervento.

Per l'introduzione del sistema pulente, e per il collegamento ad un tubo flessibile collegato ad un aspiratore (sul qual è innestato un filtro HEPA), si devono utilizzare due aperture. Per la bonifica può essere utilizzato un sistema ad aria compressa che si serve di una serie di testine in relazione alla geometria e tipologia delle condotte stesse. I fori asimmetrici, sulla testa della tubazione flessibile che viene introdotta nelle aperture del canale, ne provocano la rotazione e quindi l'avanzamento nella tubazione per tutta la sua lunghezza.

Le testine devono sopportare una pressione massima di lavoro fino a 20 bar e una portata di almeno 2700 litri/min ed inoltre devono poter operare in un raggio fino a 25-30 m in orizzontale e fino a 8 m in verticale. In alternativa è utilizzato un cavo flessibile comandato da un motore esterno munito di spazzole rotanti.

Igienizzazione

Una testina apposita permette la fine nebulizzazione del prodotto igienizzante liquido ad ampio spettro per eliminare le colonie microbiche presenti nei condotti. Con la ventilazione creata dall'unità di trattamento aria, la soluzione igienizzata viene spinta per tutto il sistema di distribuzione.

Le condotte in tessuto ad alta induzione o le maniche di distribuzione aria devono essere trattate con molta attenzione: l'effetto filtrante delle fibre tessili aumenta la ritenzione di polveri, creando substrati favorevoli alla proliferazione di muffe e di colonie di microrganismi. Per la pulizia si procede smontando la condotta, aspirando il particolato, lavandola e poi ponendola nuovamente in opera.

Nel caso di bonifica, i tratti flessibili di canale devono essere sostituiti, perché tendono a piegarsi ed a trattenere accumuli di pulviscolo ed altri materiali. Se non è possibile sostituirli, la loro bonifica e l'igienizzazione devono essere effettuati come per le condotte rigide.

Filtri

La buona manutenzione dei filtri previene l'accumulo di polvere: se sono lavabili, possono essere riutilizzati duo o tre volte, altrimenti devono essere eliminati.

Per quanto concerne il grado di efficienza dei filtri si consiglia il loro lavaggio periodico ogni 15 giorni e la loro sostituzione con cadenza semestrale.

Pulizia filtri aria o sostituzione

Estrarre i filtri dal loro alloggiamento e liberarli dalla polvere accumulata, poi esercitare un'aspirazione controcorrente e, se idonei a tale trattamento, lavarli con acqua e detergente ed infine sciacquarli. Può essere utile detenere una serie di filtri puliti di ricambio per ridurre i disagi agli utenti. I filtri rigenerati serviranno a questo scopo successivamente.

Ventilconvettori ed unità interne split

Pulizia generale della macchina

Con l'aspirapolvere asportare da tutti i vani accessibili eventuali residui di polvere o lanugine presenti.

Controllo drenaggio acqua condensa

Verificare che il foro scarico acqua dalla bacinella sotto lo scambiatore alettato e la linea di drenaggio scarichino liberamente versandovi un poco d'acqua.

Pulizia bacinella raccolta condensa

Pulire la vasca raccogli condensa dei sedimenti con pennello a setole lunghe e con aspirapolvere. Spruzzare prodotto pulente-sanificante in vasca raccogli condensa, lasciare agire e sciacquare con acqua.

Batterie di scambio termico

Gli elementi critici in queste apparecchiature sono rappresentati dall'acqua stagnante nella bacinella di raccolta e dalla polvere depositatasi sulle superfici, che può costituire, se associata all'acqua, un efficace nutrimento per la crescita del batterio.

E' necessario posizionare nella bacinella di raccolta della condensa una tavoletta contenente un agente batteriostatico ad ampio spettro per prevenire la formazione di alghe, mucillagini e limo e mantenere così gli scarichi puliti, evitando intasamenti ed odori fastidiosi.

In generale le batterie devono essere controllate in modo da verificare eventuali danneggiamenti, contacontaminazioni o corrosioni. Esse possono essere pulite con aspirazione o soffiaggio, altrimenti vanno estratte e pulite usando pulitrice ad alta pressione. Occorre prestare attenzione ad evitare che, nelle operazioni di pulizia in sito, la polvere o l'umidità rimossa vengano introdotte nei componenti del sistema a valle delle batterie.

Durante l'ispezione, occorre verificare le condizioni della vasca di raccolta condensa e la funzionalità del sifone.

Umidificatori

La sezione di umidificazione rappresenta, insieme alla torre di raffreddamento, una delle zone più critiche per la possibilità di sviluppo di microrganismi potenzialmente pericolosi per la salute umana, fra cui la *Legionella*.

Alcuni problemi che si possono verificare infatti possono riguardare:

- gli ugelli nebulizzatori, che possono essere ostruiti da incrostazioni e impurità, impedendo la dispersione di finissime particelle di acqua: essa viene così spruzzata in gocce più grandi che non riescono ad evaporare nella corrente di aria, ma in parte vengono trascinate oltre il separatore di gocce;
- la camera di umidificazione, i separatori di gocce e talvolta le batterie di post-riscaldamento, nonchè le canalizzazioni di distribuzione dell'aria, che possono subire corrosione;
- i pacchi evaporanti, su cui si possono formare depositi.

Per limitare la deposizione di calcare sulle superfici, l'acqua di alimentazione deve essere sottoposta a trattamento anticalcare (DPGR 16.04.2003 n. 8 Regione Liguria).

L'incremento nella contaminazione batterica può essere inibito mediante sterilizzazione o con una regolare pulizia. Il limite per la contaminazione batterica dell'acqua circolante è di 1000 CFU/ml con temperature di incubazione tra 20°C e 36°C. In particolare negli umidificatori la comparsa della *Legionella* è sicuramente evitata se la carica batterica non eccede 1 CFU/ml.

Il ristagno di acqua può essere eluso se l'umidificatore si arresta automaticamente non appena il sistema di condizionamento dell'aria viene arrestato o va in blocco.

Durante i periodi in cui non c'è richiesta di umidificazione dell'aria, le tubazioni dell'acqua devono essere svuotate e asciugate in non più di quarantotto ore.

In definitiva è consigliabile:

- ⇨ Per quanto riguarda le manutenzioni, mantenere efficienti i separatori di gocce e gli ugelli nebulizzatori.
- ⇨ Controllare l'eventuale presenza di depositi di calcare negli ugelli atomizzatori ed eventualmente sostituirli.
- ⇨ Controllare l'eventuale formazione di precipitati sul fondo ed eseguirne la pulizia.
- ⇨ Controllare l'eventuale presenza di incrostazioni sul separatore di gocce ed eseguirne la pulizia.
- ⇨ Effettuare un trattamento disinfettante. Esso si realizza fermando l'immissione dell'aria nell'ambiente da condizionare e attivando la pompa dosatrice del disinfettante. Si procede poi azionando i nebulizzatori per 1-2 ore, in modo che la camera di lavaggio dell'aria venga disinfettata. La frequenza consigliata per tale trattamento è di una volta ogni 6 mesi.
- ⇨ Effettuare un trattamento dell'acqua per impianti d'umidificazione adiabatici. A tale riguardo si rimanda a quanto già riportato nel capitolo dedicato agli impianti idrici – paragrafo soluzioni migliorative.

Recuperatori

Quelli a pacco di tubi alettati si trattano come le batterie ad espansione diretta di gas.

Nel caso di scambiatori aria/aria a flusso incrociato od in controcorrente, per la pulizia si usa aria compressa. Questi recuperatori spesso sono impiegati su flussi d'aria che non devono venire in contatto fra loro; in questi casi è opportuno verificare che non vi siano comunicazioni fra i due circuiti mettendone uno in pressione e verificando che la conservi.

Nel caso di recuperatori rotanti occorre pulire il settore di spurgo ed il pacco alveolare con getto d'acqua, vapore, aria compressa, avendo cura di evitare getti con pressione tale da deformare il profilo degli alveoli. Occorre controllare la tensione della cinghia di trascinamento rotore, spesso generata dal basculamento del motore; nel caso la cinghia si sia troppo allungata è necessario riportarla alla corretta lunghezza. Per evitare che ci sia un eccessivo trafilamento di aria non trattata e di miscela fra aria in ingresso ed aria in uscita è necessario che i feltri di tenuta siano controllati, sia per quanto riguarda la loro corretta sistemazione che per quanto riguarda la loro integrità.

Le operazioni di manutenzione dei recuperatori di calore possono avere frequenza indicativamente annuale.

LINEE GUIDA (VDI 6022) - Luglio 1998

Raccomandazioni igieniche per gli impianti di ventilazione e condizionamento dell'aria.

	AZIONE DA INTRAPRENDERE	MISURE CORRETTIVE DA APPLICARE SE NECASSARIO	14 gg.	1 mese	3 mesi	6 mesi	nel caso	isp. igienica periodica
UMIDIFICATORI AD EVAPORAZIONE E SPRAY CON RICIRCOLO	Ispezione per verifica di contaminazione, danneggiamento, corrosione	pulizia ed eventuali azioni correttive		X				
	Conta batterica dell'acqua dell'umidificatore	Se la conta batterica > 1.000.000 CFU/l oppure > 1.000 CFU/l nel caso di Legionella lavare con detergente, risciacquare e asciugare il serbatolo; disinfettare se necessario	X					
	Ispezione degli ugelli atomizzatori per verificare l'assenza di depositi	pulizia o sostituzione degli ugelli		X				
	Ispezione e verifica del funzionamento dei sifoni	pulizia ed eventuali azioni correttive				X		
	Verifica della formazione di precipitati nella vasca di raccolta dell'acqua	pulizia della vasca		X				
	Verifica della pompa e dello stato di pulizia del tubo di aspirazione	pulizia del circuito di pompaggio		X				
	Collaudo con test funzionale del dispositivo di spurgo	ritaratura del dispositivo di spurgo				X		
	In caso di mancanza del dispositivo spurgo periodico della vasca di raccolta	spurgo per limitare la formazione di depositi calcarei e diluire le sostanze nutrienti		X				
	Test funzionale della cella conduttimetrica	eventuali azioni correttive		X				
	Test funzionale del sistema di sterilizzazione	eventuali azioni correttive		X				
	Drenaggio automatico e asciugatura della vasca ad ogni spegnimento del ventilatore dell'impianto	eventuali azioni correttive					X	
	Pulizia dell'umidificatore in caso di fermata prolungata oltre 48 ore	Trattamento dell'intero circuito con un adatto biocida, in aggiunta allo svuotamento e all'asciugatura					X	
	Controllo delle condizioni igieniche							X
SEPARATORE DI GOCCE	Ispezione per verifica di contaminazione, danneggiamento, corrosione	pulizia per garantire la funzionalità		X				
	Verifica di eventuali depositi sul separatore	pulizia per garantire la funzionalità in caso di incrostazioni		X				
	Controllo delle condizioni igieniche							X
UMIDIFICATORI A VAPORE	Ispezione per verifica di contaminazione, danneggiamento, corrosione	pulizia per garantire la funzionalità			X			
	Lavare con detergente, risciacquo e asciugatura della camera di umidificazione; disinfettare se necessario					X		
	Controllo dell'assenza di precipitazione di condensato nella camera di umidificazione	pulizia dell'umidificatore (solo durante il periodo di funzionamento)		X				
	Ispezione di stato e funzionalità dei separatori di particolato	pulizia ed eventuali azioni correttive				X		
	Ispezione delle lance per verificare l'assenza di depositi	pulizia				X		
	Ispezione del sistema di drenaggio della condensa	pulizia ed eventuali azioni correttive			X			
	Test funzionale della valvola di controllo (in impianti con produzione di vapore centralizzata)	eventuali azioni correttive				X		
	Controllo delle condizioni igieniche					X		

4.4 PUNTI CRITICI

Dalla descrizione fatta sugli impianti di condizionamento può derivare la determinazione dei punti critici sui quali eseguire campionamenti e successive analisi microbiologiche periodiche finalizzate al riscontro della carica microbica totale e della *Legionella*.

Descrizione	***Frequenza di campionamento***	***Matrice da campionare***
Bacinelle raccolta condensa	Almeno due volte l'anno	acqua e biofilm
Pacco bagnato	Almeno due volte l'anno	biofilm
Ugelli umidificatori	Almeno due volte l'anno	biofilm

Per quanto concerne la carica microbica totale, si rimanda a quanto già riferito per gli impianti di raffreddamento industriali.

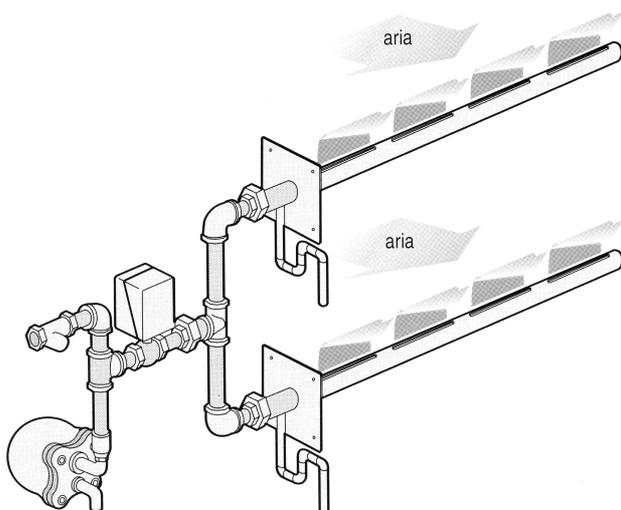
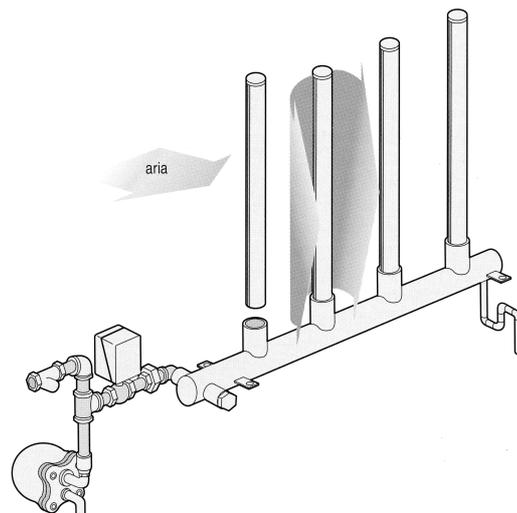
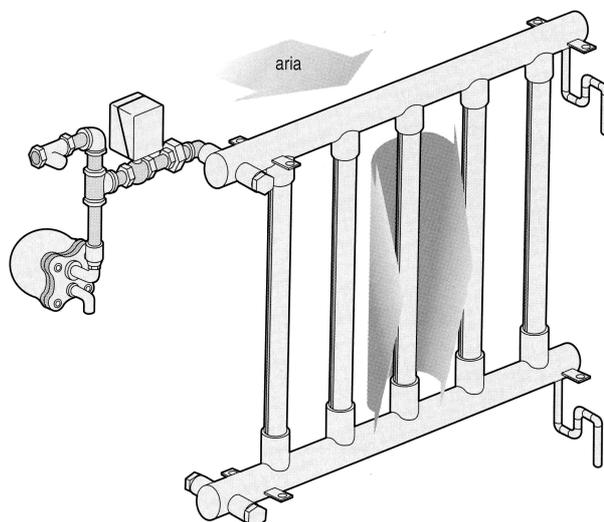
SOLUZIONI MIGLIORATIVE

TUBI PER TRASPORTO ACQUA

Si rimanda a quanto già specificato negli impianti idrici.

UMIDIFICATORE A VAPORE

L'umidificazione a vapore è la soluzione ottimale nei confronti della prevenzione di contaminazione da *Legionella*: questo sistema, infatti, non veicola batteri e svolge un'azione di shock termico a causa delle alte temperature di produzione del vapore.
E' necessario, però, che il vapore sia distribuito in maniera corretta, in modo da non creare condensa sulle pareti delle canalizzazioni e su altri componenti dell'impianto di condizionamento.

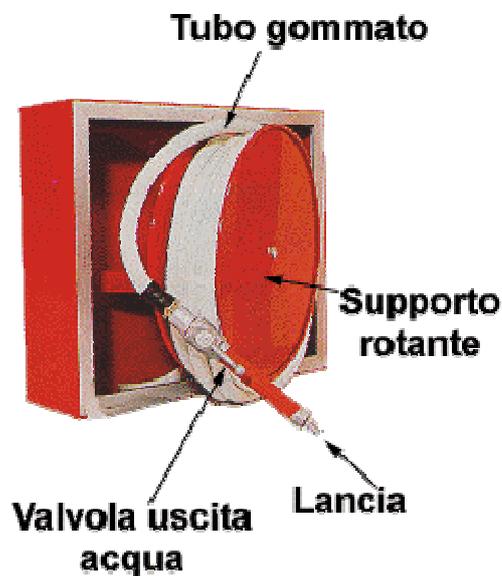
Rampa orizzontale multipla di diffusione di vapore

Diffusore di vapore multiplo a disposizione

Diffusore di vapore multiplo a disposizione verticale con doppio collettore

5. IMPIANTI PER LO SPEGNIMENTO DEGLI INCENDI

5.1 DESCRIZIONE

I sistemi attualmente adottati per lo spegnimento degli incendi si distinguono in base al fluido utilizzato per l'estinzione: acqua, gas e schiuma.

Ai fini della prevenzione della *Legionella*, si tratteranno in questa sede i "sistemi ad acqua", raggruppabili, a loro volta, in impianti a idrante e sprinkler.

5.1.1 IMPIANTO A IDRANTE

Gli impianti a idrante sono costituiti da dispositivi mobili ad azionamento manuale.
Possono essere di varia tipologia (es. a muro, a colonna, sottosuolo...). Ogni impianto è dotato di valvola di intercettazione (per la fuoriuscita di acqua), di un tubo flessibile e di una lancia erogatrice.

Idrante antincendio a naspo

Vengono allacciati alla rete idrica pubblica e sono collegati generalmente in bypass ad una vasca/serbatoio con gruppo antincendio, per ovviare a eventuali mancanze dell'acquedotto.

5.1.2 IMPIANTI SPRINKLER

Un sistema sprinkler è un impianto per lo spegnimento degli incendi del tipo “a pioggia” ed è costituito da:

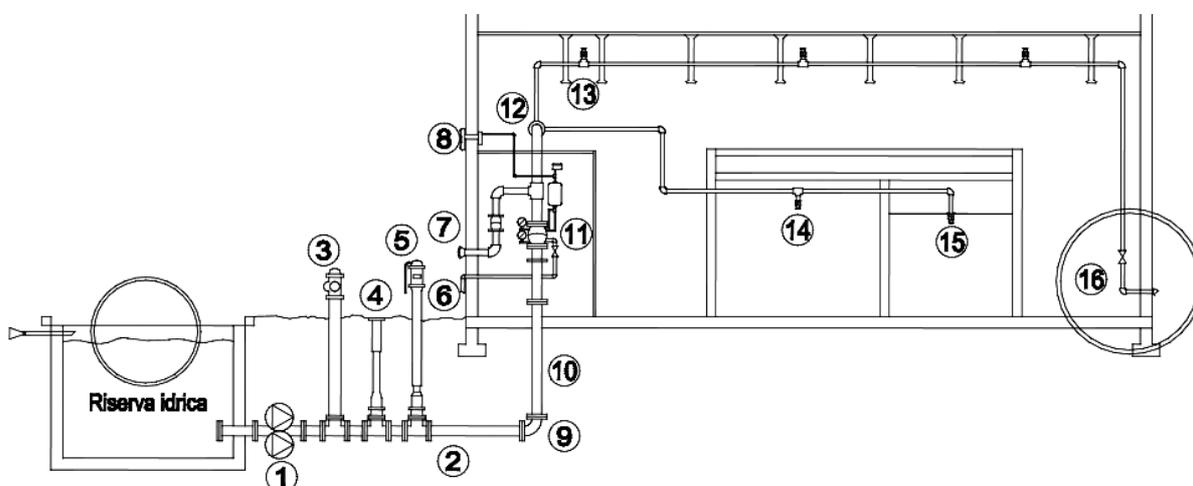
- rete di tubazioni, solitamente posizionate a livello del soffitto;
- ugelli erogatori chiusi da un elemento termosensibile;
- vasca/serbatoio di accumulo.

Gli erogatori termosensibili, in caso d'incendio, a seguito del calore sviluppato dallo stesso, si aprono, agendo direttamente sull’area interessata.

Gli impianti sprinkler si possono classificare, in base alle modalità di funzionamento, in sistemi a umido, a secco o a diluvio.

Fra le tre tipologie, il sistema a secco risulta quello con minor rischio nei confronti della proliferazione di *Legionella,* in quanto vi è presenza di acqua solo nelle vasche di accumulo.

Sistema sprinkler ad umido

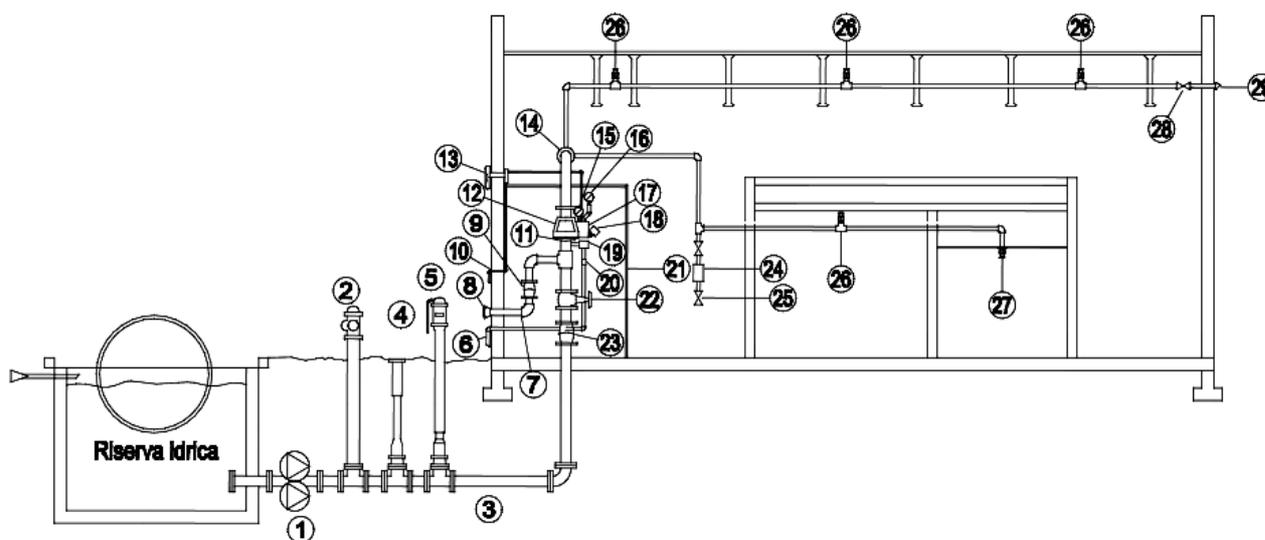
L’impianto ad umido è il più semplice e comune delle tipologie degli impianti sprinkler. E’ normalmente installato in tutte le aree non soggette a rischio di gelo. Il principio di funzionamento è semplicissimo, infatti la valvola di allarme a umido funziona come una normale valvola di ritegno con la capacità aggiuntiva di generare allarmi nel momento in cui di attiva, capacità comune a tutte le tipologie dei sistemi sprinkler. Le tubazioni sia a monte che a valle della valvola sono riempite di acqua, la rottura di uno sprinkler genera l’immediato intervento sull’incendio. I sistemi ad umido rappresentano il massimo dell’affidabilità, della semplicità di utilizzo e bassi costi di installazione e manutenzione.

1- gruppo di pressurizzazione antincendio
2- condotta antincendio interrata
3- idrante soprassuolo
4 – idrante sottosuolo
5 – valvola di indicazione montante
6 – scarico campana a umido
7 – attacco VV.FF.
8 – allarme acustico esterno
9 – gomito saldato
10 – salita all’impianto sprinkler
11 – campana impianto sprinkler
12 – rete di distribuzione sprinkler
13 – sprinkler upright
14 – sprinkler pondent
15 – sprinkler pondent installato su controsoffitto
16 – rubinetto di prova impianto sprinkler

Sistema sprinkler a secco

L'impianto a secco è installato in tutte le aree soggette a rischio di gelo o zone come pensiline di carico o parcheggi non riscaldati. Il principio di funzionamento è simile a quello dei sistemi ad umido con la variante che a valle della valvola di allarme, nella rete di distribuzione situata nell'are protetta, le tubazioni non sono riempite di acqua ma di aria compressa o azoto.

La rottura di uno sprinkler genera una caduta di pressione che aziona l'apertura della valvola di allarme permettendo così all'acqua di raggiungere l'erogatore intervenuto ed agire sull'incendio.

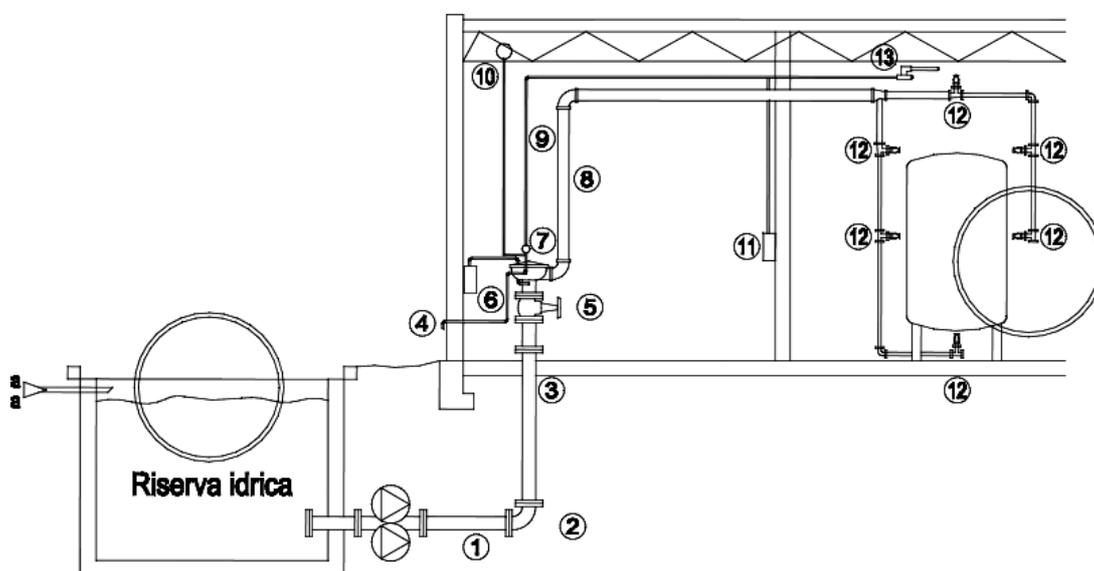
Tutti i componenti sono costruiti per permettere una rapida apertura garantendo un'azione efficace sull'incendio fin dai primi istanti; i componenti come l'acceleratore garantiscono risultati ancora migliori nei tempi di intervento.

Anche se più complicati degli impianti ad umido, la qualità costruttiva garantisce performance costanti negli anni di utilizzo senza una onerosa manutenzione.

1 – gruppo di pressurizzazione antincendio
2 - idrante soprassuolo
3 – condotta antincendio interrata
4 – idrante sottosuolo
5 – valvola d'indicazione montante
6 – tubo di scarico
7 – valvola automatica di scarico
8 – attacco VV.FF
9 – valvola di ritegno
10 – scarico campana idraulica
11 – valvola di test
12 – valvola di apertura
13 – allarme acustico esterno
14 – derivazione
15 – manometro aria
16 – acceleratore (opzionale)
17 – pressostato
18 – filtro linea di allarme
19 – valvola test di allarme
20 – imbuto di scarico
21 – locale tecnico
22 – valvola di intercettazione
23 – valvola di ritegno
24 – imbuto di scarico
25 – valvola di intercettazione
26 – sprinkler upright
27 – sprinkler pendent
28 – valvola di test
29 – scarico a vista

Sistema sprinkler a diluvio

L'impianto a diluvio è studiato per un intervento sicuro e veloce al fine di provvedere ad un bagnamento totale delle aree protette.

L'impianto a diluvio è inoltre compatibile per l'utilizzo in sistemi schiuma a bassa, media ed alta espansione.

L'ampia gamma dei sistemi di attivazione che vanno da quella manuale a quella elettrica abbinata a pulsanti o rivelatori di fumo, quella pneumatica attraverso linee pilota ad umido o a secco coadiuvate da sistemi manuali, lo rendono ideale per qualsiasi tipo di installazione.

1 - gruppo di pressurizzazione antincendio
2 - gomito saldato
3 - salita all'impianto sprinkler
4 – tubo di scarico
5 – valvola di intercettazione
6 – pulsante di emergenza
7 – valvola di apertura
8 – rete di distribuzione sprinkler
9 – tubo di collegamento sensore - valvola
10 – allarme acustico
11 – pulsante d'emergenza
12 - ugelli
13 – sensore termostatico

5.2 INSTALLAZIONE

Rimandando alle specifiche norme UNI per quanto riguarda la corretta istallazione dal punto di vista impiantistico e funzionale, di seguito si riportano le sole azioni preventive nei riguardi della contaminazione da *Legionella*.

Scelta dei materiali

Si rimanda a quanto già consigliato nella scelta delle tubazioni per l'approvvigionamento idrico.

Saracinesche per il controllo

Per un efficace controllo preventivo nei riguardi della proliferazione delle Legionelle, si consiglia, in fase di progettazione, di prevedere delle apposite saracinesche di ispezione in corrispondenza dei serbatoi e tratti terminali delle reti più remote.

5.3 MANUTENZIONE

La manutenzione degli impianti per lo spegnimento degli incendi è stata resa obbligatoria dal l'emanazione del D.P.R. 547/55 e s.m.i.; nel Decreto si legge che i mezzi di estinzione *"devono essere mantenuti in efficienza e controllati almeno una volta ogni sei mesi da personale esperto".*

Gli interventi manutentivi devono inoltre essere riportati in un registro che verrà messo a disposizione dei V.V.F.

Per una corretta manutenzione si rimanda a quanto prescritto dalle norme UNI di settore e dalle indicazioni riportate nei manuali del costruttore.

Per la manutenzione mirata alla prevenzione della *Legionella*, si consiglia di:

- ⇨ ispezionare le vasche o i serbatoi di riserva idrica al fine di rilevare eventuali depositi/incrostazioni;
- ⇨ controllare lo stato delle tubazioni e l'eventuale presenza di ruggine ed incrostazioni;
- ⇨ controllare lo stato delle coibentazioni;
- ⇨ controllare, ove possibile, la temperatura dell'acqua in modo da evitare l'intervallo critico per la proliferazione dei batteri (ad es. tratti di tubazione o serbatoi sottoposti ad irraggiamento con conseguente possibile raggiungimento del range critico 25-55°C).

5.4 PUNTI CRITICI

Sugli impianti per lo spegnimento degli incendi appena descritti esistono alcuni punti critici sui quali eseguire campionamenti e successive analisi microbiologiche periodiche finalizzate al riscontro della carica microbica totale e della *Legionella*:

Tipo di impianto	***Punto critico***	***Frequenza di campionamento***	***Matrice da campionare***
tutti	serbatoi/vasche di accumulo	almeno semestrale	acqua
impianti sprinkler	ugelli erogatori	almeno semestrale	biofilm
tutti	acqua d'impianto/ saracinesche	almeno semestrale	acqua

6. INTERVENTI DI PREVENZIONE E DECONTAMINAZIONE

Si riportano di seguito le metodiche attualmente possibili per la prevenzione, il controllo e la bonifica degli impianti interessati da contaminazione da *Legionella*:

6.1 METODI FISICI

6.1.1 TRATTAMENTO TERMICO

L'innalzamento della temperatura dell'acqua calda è uno dei metodi più frequentemente utilizzati per il controllo della *Legionella* negli impianti idrici; infatti, temperature superiori a 60°C inattivano il germe proporzionalmente al tempo di esposizione. Tale tipo di trattamento può essere effettuato secondo le due modalità operative, di seguito riportate: lo shock termico ed il mantenimento costante della temperatura tra 55-60°C.

6.1.1.1 SHOCK TERMICO

Finalità

Le finalità principali sono: la decontaminazione, quando nella rete idrica si è riscontrata la presenza di *Legionella* in concentrazioni significative; la prevenzione, se il trattamento viene effettuato con cadenza periodica sull'impianto, indipendentemente dalle cariche di *Legionella* riscontrate nei campionamenti di sorveglianza.

Metodo

Innalzare la temperatura dell'acqua a 70-80°C frequentemente per tre giorni e far scorrere l'acqua quotidianamente attraverso i rubinetti per 30 minuti. Durante tale procedura è fondamentale che la temperatura dell'acqua, nei punti distali, raggiunga o superi i 60°C. Alla fine di tale processo, effettuare prelievi dell'acqua e dei biofilm in punti distali dell'impianto per procedere ad un controllo batteriologico.

Vantaggi

Tale trattamento non richiede particolari attrezzature, può essere messo in atto con immediatezza e risulta particolarmente vantaggioso in presenza di un cluster epidemico; inoltre, non dà origine a sottoprodotti.

Svantaggi

Tale modalità di disinfezione richiede tempo e personale dedicato, al fine di controllare la durata di scorrimento dell'acqua alle temperature previste, nonché l'installazione di termometri a distanza, per misurare la temperatura dell'acqua nei punti terminali e nei serbatoi.

Inoltre, l'efficacia del trattamento è temporanea, in quanto la ricolonizzazione dell'impianto idrico può verificarsi in un periodo di tempo variabile da alcune settimane ad alcuni mesi dopo lo shock termico, se la temperatura dell'acqua circolante ritorna al di sotto dei 50°C.

Attualmente gli impianti esistenti non sono in grado di raggiungere e mantenere le temperature necessarie; l'elevata temperatura non solo è pericolosa per personale addetto e pazienti, ma può danneggiare l'impianto. Inoltre, le tubazioni di acqua fredda, che normalmente sono parallele a quelle di acqua calda, si possono riscaldare, con conseguenti rischi igienici e proliferazione di *Legionella*.

Materiali

Temperature alte (55-60°C) non creano problemi alle tubazioni in rame, acciaio inox ed acciaio zincato ma possono ridurre la durata delle tubazioni realizzate in materiali plastici.

6.1.1.2 MANTENIMENTO COSTANTE DELLA TEMPERATURA TRA 55-60°C

Finalità

Prevenzione e controllo della colonizzazione.

Metodo

Elevare la temperatura dell'acqua fino al raggiungimento, in modo costante, di temperature prossime a 50-60°C nei punti terminali. Ove presente una valvola di miscelazione, by-passare la stessa al fine di mantenere la temperatura consigliata in tutto l'impianto.

Vantaggi

Non richiede particolari attrezzature e, quindi, può essere messo in atto immediatamente (vantaggio non trascurabile in presenza di un cluster epidemico). Non si originano sottoprodotti.

Svantaggi

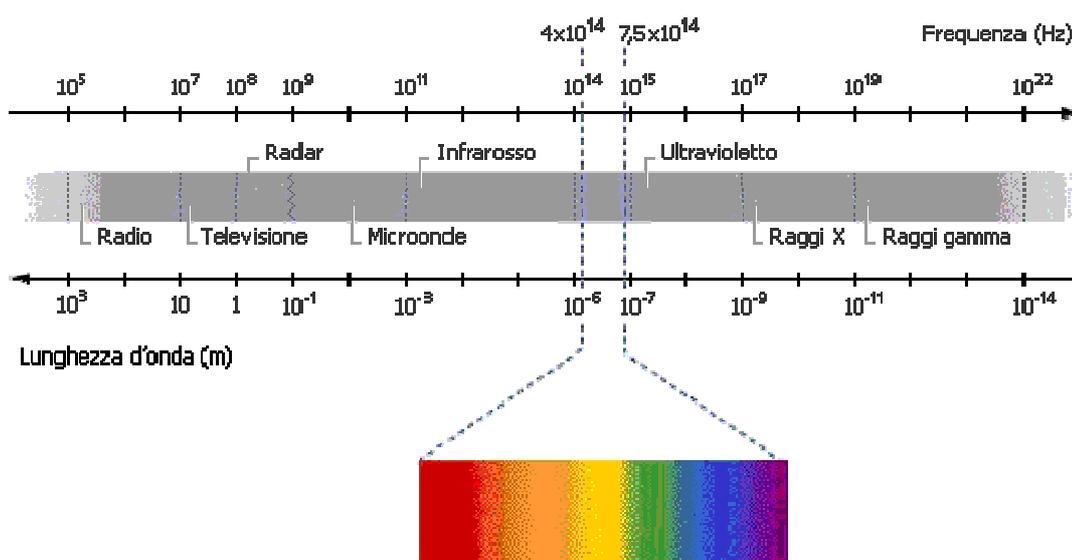
Questa tecnica, pur garantendo una buona efficacia, presenta l'inconveniente degli alti consumi di energia e, di conseguenza, costi elevati, a volte non compatibili con generali criteri di economia energetica. La presenza di valvole di miscelazione può impedire l'efficacia del trattamento. L'elevata temperatura non solo è pericolosa per personale addetto e pazienti, ma può danneggiare l'impianto. Inoltre, le tubazioni di acqua fredda, che normalmente sono parallele

a quelle di acqua calda, si possono riscaldare, con i conseguenti rischi igienici e proliferazione di *Legionella*.

Materiali

Temperature alte (55-60°C) non creano problemi alle tubazioni di rame, acciaio inox ed acciaio zincato, ma possono ridurre la vita utile a tubazioni realizzate in materiali plastici.

6.1.2 LAMPADE A RAGGI UV

L'impiego della luce ultravioletta è il più efficace processo fisico di disinfezione disponibile alternativo alle sostanze chimiche. Tale metodo è legato alla capacità che la luce ultravioletta ha di danneggiare il DNA microbico, inibendone così l'attività riproduttiva. Il range di massima azione battericida si ha con lunghezze d'onda comprese tra i 250 e 260 nanometri.

Metodo

L'impiego della radiazione ultravioletta come sanificante ha luogo all'interno di una camera di reazione in cui l'acqua viene posta in contatto per un tempo definito con una radiazione generata da una lampada a bassa pressione di vapori di mercurio.

E' opportuno non utilizzare tale metodo di disinfezione come unica modalità di sanificazione dell'impianto a causa della incapacità che la luce ultravioletta ha di distruggere, a valle della camera di reazione, i biofilm ove *Legionella* trova riparo. L'applicazione della luce ultravioletta è, quindi, una modalità di disinfezione che risulta essere maggiormente efficace nelle immediate vicinanze delle utenze.

Immagine di una lampada a Raggi UV

Vantaggi

Facilità di installazione dell'apparecchio e assenza di effetti avversi sull'acqua e sulle tubazioni. Assenza di sottoprodotti in quanto il sistema non produce sostanze dannose né odori o sapori; non richiede la manipolazione di sostanze chimiche e, quindi, non danneggia gli impianti.

Svantaggi

Tale tecnica non ha potere disinfettante a valle dell'impianto, quindi risulta essere inefficace sugli impianti già inquinati, in particolare nei punti distali; inoltre l'efficacia dell'ultravioletto diminuisce con l'aumentare della temperatura, con conseguente diminuzione dell'attività battericida. L'azione disinfettante dei raggi UV diminuisce anche in presenza di acque torbide o contenenti ferro; se l'acqua è particolarmente dura le lampade si incrostano e perdono efficacia. Infine l'efficienza del metodo viene limitata quando il flusso dell'acqua supera i 3 cm di spessore.

Il trattamento con gli UV resta comunque uno dei più costosi, sia considerando l'installazione che gli interventi di manutenzione.

Materiali

Non si ravvisa l'incompatibilità con le diverse tipologie di materiali costituenti la rete.

6.1.3 FILTRAZIONE AI PUNTI D'USO TERMINALI

Il metodo prevede l'impiego di filtri dotati di membrana con pori di 0.2 μm da applicare ai punti d'uso.

Finalità

Prevenzione della diffusione di *Legionella* e/o di altri microrganismi veicolati dall'acqua di rete a cui hanno accesso pazienti a rischio elevato.

Metodo

Le membrane filtranti vanno applicate ai punti terminali dell'impianto: docce o rubinetti che possono essere possibili sorgenti di infezione. Trovano indicazione per mettere istantaneamente in sicurezza i punti d'acqua in assenza di applicazione di altre misure correttive o nel caso in cui le stesse si siano dimostrate inefficaci.

Vantaggi

Tale metodo è efficace su ogni tipologia di rete di distribuzione e di acqua erogata, sia fredda che calda; inoltre, ha un'elevata rapidità di applicazione e di risultato.

Svantaggi

Richiede l'utilizzo di dispositivi certificati di conformità agli standard richiesti. Tali dispositivi hanno costi di messa in opera e di manutenzione molto elevati, soprattutto in casi in cui i tempi di utilizzo sono molto lunghi; la manutenzione deve essere continua e regolare e la pressione di esercizio dell'acqua deve essere sufficiente a garantire una portata accettabile, in quanto le perdite di carico sono rilevanti. Inoltre l'efficacia della barriera non è sempre garantita perché, anche se di rado, soprattutto in reti in cui ci siano frequenti colpi d'ariete, si possono verificare problemi di tenuta idraulica dell'elemento filtrante.

Materiali

Essendo i sistemi filtranti corpi accessori della rete idrica, non si ravvisa l'incompatibilità con le diverse tipologie di materiali costituenti la rete.

6.2 METODI CHIMICI

6.2.1 CLORAZIONE

Il cloro è un potente agente ossidante che trova largo impiego per il controllo igienico-sanitario delle acque potabili. Ha funzione preventiva quando è iniettato nell'impianto, mediante pompe dosatrici, con concentrazioni prossime a 0,2 mg/L, valore consigliato per il rispetto dei canoni di potabilità delle acque destinate al consumo umano (D.Lgs. 31/2001).

Quando devono essere trattate acque caratterizzate naturalmente da carichi organici più elevati (ad es. acque provenienti da bacini lacustri o da corpi idrici superficiali) contaminate da *Legionella,* si utilizzano concentrazioni costanti di cloro maggiori di 3 mg/L. Tuttavia tali concentrazioni sono notevolmente superiori a quelle consigliate dal D.Lgs. 31/2001; in virtù di ciò si consiglia di installare una linea dedicata alle cucine o a qualsiasi locale in cui deve essere

sempre garantita una concentrazione di cloro residuo adeguata all'utilizzo umano; tale linea sarà, quindi, indipendente dal resto dell'impianto; su quest'ultimo, invece, potranno essere praticati trattamenti più spinti quali i trattamenti di bonifica che richiedono concentrazioni di cloro ai punti terminali molto elevate.

Per sanificare i sistemi di distribuzione dell'acqua mediante prodotti chimici si raccomanda l'impiego dell'ipoclorito di sodio. Tale composto è liquido, limpido e di colore paglierino, e si presenta in commercio con soluzioni al 12-13% in volume pari a circa il 10% in peso di cloro attivo (la candeggina domestica contiene circa il 5% di ipoclorito di sodio).

L'ipoclorito di sodio impiegato per il "trattamento di acque destinate al consumo umano" deve essere conforme alla norma UNI EN 901:2002.

L'impianto di clorazione è costituito essenzialmente da due elementi: il primo è rappresentato alla pompa dosatrice, mentre il secondo è costituito da un serbatoio di accumulo necessario per consentire un tempo di contatto sufficiente per la disinfezione (20 – 30 minuti).

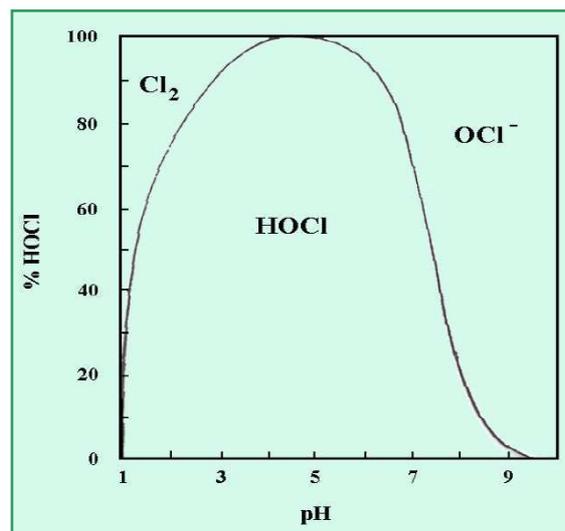
L'impianto di clorazione deve essere ubicato sempre a valle del serbatoio di accumulo principale ed a monte del sistema di pompaggio dell'acqua verso l'utenza finale; tale accorgimento è indispensabile nel caso di serbatoi di accumulo di elevate dimensioni, in cui non è possibile garantire una concentrazione di disinfettante equamente distribuita all'interno della massa d'acqua.

L'impiego del cloro ai fini della decontaminazione degli impianti avviene mediante l'applicazione di metodologie quali l'iperclorazione shock, l'iperclorazione continua ed il biossido di cloro.

6.2.1.1 IPERCLORAZIONE SHOCK

Finalità

Tale procedura implica un conseguente aumento del cloro residuo nell'acqua e l'eventuale maggiore formazione di sottoprodotti (Trialometani - THM), specie in presenza di elevate quantità di sostanze organiche. La concentrazione del cloro può variare in base alle caratteristiche organolettiche dell'acqua, alla tipologia dei materiali ed alle caratteristiche strutturali dell'impianto.

L'attività biocida del cloro, inoltre, è funzione del pH e decresce rapidamente sopra il valore 7. Occorre mantenere, quindi, il pH dell'acqua tra valori 6 e 7 per poter usare la concentrazione più bassa efficace di cloro.

Effetto del pH sulla forma del cloro libero in acqua

Metodo

Tale trattamento prevede l'immissione di cloro in acqua (con temperatura inferiore ai 30°C) fino al raggiungimento di concentrazioni di cloro residuo libero pari a 20-50 mg/L in tutto l'impianto, ivi compresi i punti distali. Dopo un periodo di contatto di 2 ore con 20 mg/L di cloro oppure di 1 ora con 50 mg/L di cloro, l'acqua viene fatta fluire e nuova acqua viene fatta scorrere nell'impianto fino a che il livello di cloro ritorna entro limiti di concentrazioni conformi con le normative vigenti.

Va comunque specificato che il quantitativo di disinfettante (ipoclorito di sodio o ipoclorito di calcio) da utilizzare è dipendente dalla destinazione d'uso delle acque, motivo per cui si consiglia sempre di prevedere due punti di clorazione: uno dedicato alle acque destinate al consumo umano e uno assegnato alla disinfezione delle acque di processo, ovvero di quelle acque destinate ad alimentare gli impianti considerati nel presente documento. La necessità di controllare il dosaggio dei disinfettanti deriva dalla possibile formazione di taluni THM nella reazione tra gli stessi e la materia organica naturalmente presente nell'acqua.

Vantaggi

Gli ipocloriti di sodio e calcio sono economici, facilmente reperibili e di facile impiego. Inoltre l'utilizzo di tali sostanze non consente ai batteri di sviluppare forme di resistenza.

Svantaggi

Basse concentrazioni di ipocloriti di sodio e calcio non sono sufficienti alla eradicazione della *Legionella*, se quest'ultima è protetta da biofilm. Ad alte temperature decadono rapidamente ed inoltre possono favorire corrosioni se utilizzati ad elevate concentrazioni.

Materiali

La scelta degli ipocloriti di sodio e calcio è indicata per le reti idriche in polietilene. Per le reti in polietilene a bassa densità (PEBD) è preferibile l'impiego dell'ipoclorito di calcio, mentre le reti in polietilene ad alta densità (PEAD) presentano una buona resistenza sia all'ipoclorito di sodio che di calcio; pertanto non vi sono particolari limitazioni per il loro utilizzo in tali materiali.

6.2.1.2 IPERCLORAZIONE CONTINUA

Finalità

La finalità principale è quella di prevenire la proliferazione di *Legionella* in sistemi idrici che servono ambienti in cui risiedono soggetti a rischio elevato.

Metodo

Tale metodo prevede l'aggiunta continua di cloro sotto forma di ipoclorito di calcio o di sodio.

I livelli residui di cloro in questo caso possono variare a seconda delle caratteristiche chimiche dell'acqua, del flusso e dell'effetto battericida sui biofilm; tuttavia la concentrazione dell'agente sanificante residuo deve essere compresa tra 1 e 3 mg/L.

Vantaggi

L'iperclorazione continua è una modalità di disinfezione efficace in quanto garantisce una concentrazione residua del disinfettante in tutto il sistema di distribuzione dell'acqua tale da minimizzare la colonizzazione della *Legionella* nei punti distali.

Svantaggi

Lo svantaggio dell'iperclorazione continua è che il cloro risulta essere corrosivo e può arrecare danni alle tubature. Inoltre, la quantità di cloro residuo prevista è difficilmente compatibile con gli standard attuali di potabilità dell'acqua, sia come disinfettante residuo che come presenza di sottoprodotti (THM).

Materiali

La scelta degli ipocloriti di sodio e calcio è indicata per le reti idriche in polietilene. Per le reti in polietilene a bassa densità (PEBD) è preferibile l'impiego dell'ipoclorito di calcio, mentre le reti in polietilene ad alta densità (PEAD) presentano una buona resistenza sia all'ipoclorito di sodio che di calcio; pertanto non vi sono particolari limitazioni per il loro utilizzo in presenza di tali materiali.

6.2.1.3 ***BIOSSIDO DI CLORO***

Finalità

Il biossido di cloro è un agente disinfettante che esplica la sua azione battericida anche a basse concentrazioni. Il suo impiego è risultato essere efficace per controllare la *Legionella* nei sistemi dell'acqua calda.

Metodo

Il biossido di cloro può essere utilizzato in due modi: il primo prevede la generazione "in loco" attraverso uno speciale processo, il secondo comporta l'acquisizione di tale disinfettante nella sua forma stabilizzata (SCD). Le concentrazioni proposte da alcuni autori sono variabili da 0,1 a 1,0 mg/L, a seconda dei settori dell'impianto idrico in cui tale disinfettante viene impiegato (serbatoi, tubazioni, ecc.).

Vantaggi

E' un buon disinfettante e non produce alometani noti. E' relativamente stabile ed ha il vantaggio di non essere volatile ad alte temperature come il cloro; inoltre, è attivo contro il biofilm.

Svantaggi

E' un gas esplosivo e per questo deve essere prodotto "in loco" con appositi impianti. L'utilizzo del biossido di cloro genera, come sottoprodotti, i cloriti, il cui limite di legge è 200 µg/L, ed i clorati. Proprio per questo è dubbio il suo impiego continuo su impianti di ricircolo. I suo utilizzo può favorire la corrosione; inoltre, l'installazione degli impianti di produzione e l'acquisto dei reattivi risulta costoso.

Materiali

L'impiego del biossido di cloro risulta essere efficace su vari tipi di materiali ad eccezione del rame e dell'acciaio zincato, in cui è in grado di innescare significative corrosioni all'interno della rete di distribuzione.

6.2.2 IONIZZAZIONE RAME – ARGENTO

Finalità

Prevenzione della proliferazione di *Legionella.*

Metodo

Il rame e l'argento sono noti agenti sanificanti che esplicano la loro azione battericida sulla parete cellulare determinandone la lisi e, quindi, la morte del batterio. Gli ioni di rame ed argento

sono generati elettroliticamente e la loro concentrazione nell’acqua dipende dalla potenza applicata agli elettrodi. La dose proposta da alcuni autori per la prevenzione della legionellosi è di 0,02-0,08 mg/L di argento e 0,2-0,8 mg/L di rame.

Vantaggi

Il metodo è di facile impiego e non è funzione della temperatura dell'acqua. Inoltre l'effetto battericida persiste fino ad alcune settimane dopo la distruzione del biofilm riducendo, quindi, la formazione nel tempo di tali aggregati.

Svantaggi

Poiché la tecnica può comportare fluttuazioni di concentrazione, è necessario controllare sistematicamente la concentrazione dei due metalli oltre che il pH dell'acqua (6-8). Tuttavia, dato che la concentrazione d'argento necessaria per garantire l'efficacia del trattamento supera i limiti di legge (10 μg/L) per l'acqua destinata al consumo umano, analogamente a quanto suggerito per i trattamenti di clorazione si consiglia di installare una linea dedicata alle cucine o a qualsiasi locale in cui deve essere sempre garantita la potabilità dell’acqua. Tale metodo richiede l'installazione di impianti abbastanza costosi sia nella fase di posa in opera che nella gestione; infatti, la manutenzione agli elettrodi deve essere continua in quanto i predetti componenti si sporcano e si usurano. Inoltre la *Legionella*, nel tempo, sviluppa resistenza allo ione argento.

Materiali

Tale tecnica non è adatta per reti idriche in acciaio zincato e zinco, poiché questo metallo determina l'inattivazione degli ioni argento; inoltre, il rame innesca corrosioni sulle tubazioni.

6.2.3 PEROSSIDO D'IDROGENO (CON O SENZA ARGENTO)

Finalità

Prevenzione della proliferazione di *Legionella*.

Metodo

Il metodo trova applicazione mediante l’immissione di una soluzione stabile e concentrata di perossido di idrogeno e argento nell’impianto. Tale tecnica sfrutta l'azione battericida di ciascuna delle due componenti e la sinergia che tra di loro si sviluppa.

Vantaggi

Il trattamento è di facile impiego ed ha una buona efficacia sul biofilm.

Svantaggi

Tale metodo non può essere utilizzato per disinfettare l'acqua potabile, ma si deve usare solo per disinfezioni shock periodiche preventivamente concordate dal personale tecnico addetto, data la tossicità delle sostanza chimiche impiegate . Inoltre ha una buona efficacia solo se utilizzato in concentrazioni molto elevate. Se combinato con argento manifesta gli stessi limiti del trattamento di disinfezione precedentemente descritto.

Materiali

L'impiego di tale disinfettante in concentrazioni elevate è corrosivo per la rete idrica. Inoltre, se utilizzato con l'argento, presenta gli stessi problemi della disinfezione con rame – argento.

6.2.4 Ozono

Finalità

L'ozono manifesta una notevole reattività con sostanze organiche ed inorganiche, tale da determinare una notevole proprietà battericida, virucida, fungicida; pertanto il suo impiego risulta particolarmente utile per la disinfezione dell'acqua e per eliminare i biofilm nelle tubazioni.

Tale disinfettante inizialmente esplica la sua azione attaccando, mediante un processo ossidativo, le glicoproteine, i glicolipidi, il triptofano ed i gruppi SH della membrana cellulare; successivamente agisce alterando enzimi, RNA, e DNA intracellulari.

Metodo

L'ozono è un disinfettante di relativamente nuovo utilizzo in Europa; la sua instabilità alle temperature ed alle pressioni ambientali comporta la necessità di produrlo "in loco" ed utilizzarlo velocemente.

L'impianto di produzione di ozono è costituito essenzialmente da apparecchi per l'essiccazione dell'aria, trasformatori ad alta tensione, variatori di frequenza e tubi ozonogeni.

Vantaggi

Il trattamento con ozono presenta il vantaggio di essere più efficace rispetto ad altri composti quali il cloro ed il biossido di cloro; il suo impiego risulta essere vantaggioso in quanto determina la degradazione di composti organici complessi non biodegradabili e non comporta la formazione nell'acqua di odori e sapori; inoltre, non forma alogeno derivati ed il suo prodotto ridotto (l'ossigeno) non è tossico e non richiede alcun trattamento di eliminazione.

Svantaggi

Poiché l'ozono nelle soluzioni acquose ha durata molto breve, in quanto si decompone velocemente (meno di un'ora), è meno adatto alla disinfezione residua e può essere usato soltanto in casi particolari (soprattutto in piccoli sistemi di distribuzione).

Particolare attenzione va mostrata nei confronti di eventuali presenze di bromuro nell'acqua; infatti la reazione tra il bromuro e l'ozono origina lo ione bromato, ritenuto cancerogeno (Il valore del parametro riportato nel D.lgs 2 febbraio 2001, n. 31 è pari a 10 µg/L).

Inoltre l'ozono deve essere prodotto in loco mediante impianti di produzione che hanno ancora costi d'installazione molto elevati.

Materiali

L'impiego di tale disinfettante non presenta incompatibilità con le diverse tipologie di materiali costituenti la rete idrica.

7. BIBLIOGRAFIA

Linee guida per la prevenzione e controllo della legionellosi (*Gazzetta Ufficiale Numero 103 – Serie generale del 5 maggio 2000*).

Linee guida per i gestori delle strutture turistico–ricettive e termali (*Gazzetta Ufficiale Numero 28 – Serie Generale del 4 febbraio 2005*).

Linee guida recanti indicazioni ai laboratori con attività di diagnosi microbiologica e controllo ambientale della legionellosi *(Gazzetta Ufficiale Numero 29 – Serie Generale del 5 febbraio 2005*).

Provvedimento della Conferenza Permanente Stato Regioni n. 2636 del 5 ottobre 2006 *(Gazzetta Ufficiale Numero 256 – Serie generale del 3 novembre 2006).*

D.Lgs. 2 febbraio 2001, n.31 – Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano *(Gazzetta Ufficiale Numero 52 del 3 marzo 2001)*.

Guidelines for Prevention of Nosocomial Pneumonia Recommendations and Reports - January 03, 1997 / 46 (RR-1); 1-79 – USA.

ASHRAE Guideline 12-2000. Minimising the Risk of Legionellosis associated with building water systems. ASHRAE Atlanta USA, 2000.

Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. Recommendations of CDC and Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC) - June 06, 2003 / Vol 52 / No. RR-10 – USA.

Guidelines for Infection Control in Dental Health-Care Settings, 2003. Recommendations and Reports - December 19, 2003/ Vol 52/ No. RR-17 – USA.

Guidelines for Preventing Health-Care-Associated Pneumonia, 2003. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee - March 26, 2004 / Vol 53 / No. RR-3 - USA.

European Guidelines for Control and Prevention of Travel Associated Legionnaires' Disease, 2003 (produced by members of the European Surveillance Scheme for Travel Associated Legionnaires' Disease - EWGLINET - and the European Working Group for Legionella Infections - EWGLI).

Magrini A., Roveta M. **- Manutenzione degli impianti aeraulici e legionella: stato normative, sviluppi e problematiche aperte –** Atti del Convegno SAIE, Bologna 2006 - http://www.aicarr.it

La Mura S. **– Prevenzione e controllo della Legionella pneumophila. Panoramica degli interventi e esperienze presso Presidi Ospedalieri** – Gestione energia. Periodico di informazione per gli Energy Manager, n. 2/2001.

Crespi M. – **Batteriostaticità. Il rame in ospedale** – Tecnica ospedaliera, settembre 2007.

Joppolo M.C. **– Osservatorio Sanità AICARR: Libro bianco sulla Legionella**.

Borrella P. **– Legionella pneumophila come patogeno emergente in Sanità Pubblica: nuove prospettive per la valutazione del rischio e strategie innovative per la prevenzione e il controllo della contaminazione ambientale** - http://www.ricercaitaliana.it

Trattamento degli impianti idrici e di ventilazione per la prevenzione e il contenimento della legionellosi nelle strutture sanitarie - http://www.ospedalesicuro.org

Legionellosi: Prevenzione dei rischi negli ambienti abitativi - http://www.bioallergen.com

Fantoni P. – **Principi di base del condizionamento dell'aria. Le torri evaporative -** http://www.centrogalileo.it

Manzone G. – **Il rischio da Legionella negli ambienti confinati** – Ranieri Editore. Milano, 2006.

Passalacqua V. –**Dispense di fisica tecnica** – Università degli Studi di Parma, 2001.

Sitografia

http://www.legionellaonline.it/epidemiologia.htm

http://www.ausl-cesena.emr.it

http://www.med.unipi.it

http://www.ministerosalute.it

http://www.novuscd.it

http://asr.regione.emilia-romagna.it

http://www.anmdo.org

http://www.lenntech.com

http://www.enerteksrl.it

http://www.johnsondiversey.com

http://www.ossigenoozono.it

http://www.osmosistemi.it

http://www.studioarnaboldi.it

http://www.oppo.it

http://www.forumpa.it

ALLEGATO 1

UTILIZZO DEI DPI PER LA MANUTENZIONE E PULIZIA DEGLI IMPIANTI, NONCHÉ DI QUELLI NECESSARI PER IL CAMPIONAMENTO E PER LE ANALISI DELLE MATRICI

La possibilità di inalare accidentalmente aerosol contaminato da colonie di Legionella costituisce uno scarso rischio di contagio, in considerazione del modesto grado di suscettibilità in individui con sistema immunitario integro e in assenza di fattori predisponenti (quali ad esempio l'età avanzata). Il rischio, ovviamente, aumenta con la frequenza di esposizione, come nel caso degli operatori addetti alla manutenzione ed alla pulizia degli impianti di produzione e/o smaltimento del calore umido, di altri sistemi che impiegano vapore, acqua od aria ad altra pressione o di dispositivi di produzione di aerosol, nonché del personale addetto al campionamento ed analisi di acqua, aria e biofilm.

Per tale motivo, per questi operatori deve essere previsto l'obbligo all'uso dei Dispositivi di Protezione Individuale idonei alla protezione dal rischio biologico, fatti salvi tutti gli altri dispositivi che verranno individuati, di volta in volta, a valle della valutazione del rischio eseguita, ai sensi del D.Lgs. n.81/2008 e s.m.i., dal datore di lavoro (si vedano ALLEGATO XLVII – Specifiche sulle misure di contenimento e sui livelli di contenimento e ALLEGATO XLVIII - Specifiche per processi industriali). I DPI dovranno essere indossati prima di accingersi ad eseguire le operazioni di manutenzione, pulizia e campionamento e ogni addetto dovrà essere preventivamente formato ed informato sulle modalità di utilizzo degli stessi.

Guanti

E' necessario che venga emessa una certificazione dall'Organismo Notificato per il Produttore che attesti la marcatura CE come DPI, il rispetto dei requisiti prescritti dalla Norma tecnica EN 374 per la "protezione da microrganismi" e l'appartenenza del DPI alla III^{a} categoria.

Indumenti di protezione

Devono possedere una marcatura CE per la protezione da agenti biologici ai sensi del D.Lgs 475/92 ed essere classificati in terza categoria (deve essere stata emessa una certificazione CE dall'Organismo Notificato per il Produttore che attesti la marcatura CE come DPI in III categoria e la protezione da agenti biologici). Possono essere di diversa tipologia in relazione alle modalità lavorative ed alle mansioni da espletare.

Attualmente sono disponibili nella foggia di tuta e di camice.

Gli indumenti costituiti da più parti devono essere progettati in modo tale da garantire la protezione in tutte le prevedibili posture di lavoro e per qualsiasi indumento si deve assicurare sempre un'adeguata protezione lungo le parti di chiusura.

Nel caso in cui la valutazione del rischio evidenzi che il rischio di esposizione dell'operatore comporti la necessità di utilizzare altri DPI specifici, gli stessi devono essere compatibili con l'indumento e devono avere caratteristiche di protezione adeguate.

Gli indumenti devono essere indossati per tutto il tempo in cui permane il rischio di esposizione agli agenti biologici.

Per ogni indumento di protezione, infine, deve essere disponibile per gli operatori una nota informativa che documenti le caratteristiche e specifiche tecniche dello stesso.

Le modalità di gestione dopo l'uso devono essere stabilite con apposite procedure aziendali; a tal fine, vanno stabilite le modalità di conservazione, eventuale decontaminazione oppure le modalità per un corretto smaltimento.

L'utilizzatore deve rispettare le indicazioni di manutenzione stabilite dal fabbricante.

Dispositivi di protezione delle vie respiratorie

E' necessario accertare la tutela del soggetto esposto rispetto agli specifici agenti biologici che costituiscono il "rischio di esposizione", valutando attentamente una documentazione tecnico-scientifica che attesti tale requisito di protezione.

Nella difficoltà di effettuare tale verifica, in base all'attuale stato dell'arte, per tutelare l'operatore potenzialmente esposto a *Legionella sp.*, è necessario far indossare allo stesso un DPI monouso denominato "facciale filtrante FFP3" (si veda box seguente), preferibilmente munito di valvola di espirazione. Tale DPI deve essere munito di certificazione CE, attestazione di appartenenza ai DPI di IIIª categoria e di rispetto dei requisiti prescritti dalla norma tecnica EN 149 e il riferimento alla tipologia FFP3).

I facciali filtranti non vanno riutilizzati dopo l'uso e devono essere in ogni caso scartati se danneggiati, sporchi o contaminati da sangue o altri fluidi biologici.

Nel caso si debbano eseguire attività con particolari modalità di esposizione (quali ad es. attività di manutenzione in sezioni di impianto con evidente contaminazione), si raccomanda l'impiego di una maschera a pieno facciale con filtro P3.

Anche tale DPI deve essere munito di certificazione CE, attestazione di appartenenza ai DPI di IIIª categoria e di rispetto dei requisiti prescritti dalla norma tecnica EN 143 e il riferimento alla tipologia P3).

Sistemi per la protezione del volto da schizzi di liquidi biologici e da altro materiale similare, del tipo a visiera od equivalente

Devono avere marcatura CE come dispositivi di protezione individuale ed una certificazione che attesti l'ottemperanza alla norma tecnica EN 166, "protezione da gocce e spruzzi di liquidi".

Le Norme Europee di riferimento per i respiratori antipolvere sono la EN 149 per i facciali filtranti antipolvere e la norma EN 143 per i filtri antipolvere. Queste norme definiscono tre diversi classi di protezione:

FFP1: fornisce protezione contro aerosol solidi e liquidi contenenti materiali quali: calcio carbonato, ceramica, cemento, cellulosa, zolfo, cotone, farina, carbone, metalli ferrosi, petroli vegetali e legno morbido. Le maschere con questo tipo di protezione sono indicate per l'industria alimentare.

FFP2: fornisce protezione contro aerosol solidi, liquidi e fumi contenenti materiali quali: calcio carbonato, ceramica, cemento, cellulosa, zolfo, cotone, farina, carbone, metalli ferrosi, legno duro, fibre di vetro, petroli di plastica, vegetali e petroli minerari, quarzo, rame, alluminio, batteri e altri microrganismi.
Le maschere con questo tipo di protezione sono indicate per l'industria chimica, farmaceutica, laboratori, ospedali.

FFP3: fornisce protezione contro aerosol solidi, liquidi e fumi contenenti materiali quali: amianto, calcio carbonato, caolina, cemento, cellulosa, solforo, cotone, carbonio, metallo ferroso, oli vegetali, legno, quarzo, oli minerali, alluminio, batteri e altri microrganismi, plastica, manganese, platino, stricnina, fumo, enzimi, rame. Le maschere con questo tipo di protezione sono indicate per la manipolazione di principi attivi (industria farmaceutica), laboratori, ospedali, eliminazione rifiuti tossici.

Classe	Efficienza filtrante totale minima
FFP1 / P1	78 %
FFP2 / P2	92 %
FFP3 / P3	98 %

nota:

- *l'indicazione P1 fa riferimento alla semimaschera + filtri P1, etc.*
- *Il facciale filtrante FFP1 offre lo stesso livello di protezione nominale della semimaschera + filtri P1 e così via per le altre classi*

Per quanto riguarda le analisi di laboratorio, i DPI che il personale deve utilizzare per la fase analitica sono:

- Guanti (del medesimo tipo di quelli utilizzati per i campionamenti);
- Indumenti di protezione (camici con maniche lunghe);
- Mascherine.

Nel caso di esposizione ad aerosol sospetto di contenere Legionella è obbligatorio l'utilizzo di mascherine monouso per la protezione da agenti biologici di gruppo 2 e 3, ai sensi della Direttiva 686/89 (Decreto legislativo n° 475/92).

SINTESI

Questo documento di riferimento sull’applicazione delle migliori tecniche disponibili ai sistemi di raffreddamento industriali (BREF) è il risultato dello scambio di informazioni svoltosi ai sensi dell’articolo 16, paragrafo 2, della direttiva 96/61/CE del Consiglio sulla prevenzione e la riduzione integrate dell’inquinamento (direttiva IPPC). Il documento deve essere interpretato alla luce della prefazione, che ne descrive gli obiettivi e l’uso.

Nel quadro della prevenzione e riduzione integrate dell’inquinamento, il raffreddamento industriale è stato individuato come questione orizzontale. Ciò significa che in questo documento le "migliori tecniche disponibili" (BAT) sono valutate senza un esame approfondito del processo industriale che deve essere sottoposto a raffreddamento. Tuttavia, le BAT per un sistema di raffreddamento sono considerate nell'ambito dei requisiti di raffreddamento del processo industriale. Si riconosce che le BAT per raffreddare un processo sono una questione complessa che richiede un’attenta valutazione dei requisiti di raffreddamento del processo, dei fattori specifici dell’impianto e dei requisiti ambientali per consentire l’applicazione di queste tecniche in condizioni tecnicamente ed economicamente redditizie.

L'espressione "sistemi di raffreddamento industriali" si riferisce ai sistemi per eliminare il calore in eccesso da qualsiasi mezzo di processo, utilizzando lo scambio di calore con acqua e/o aria per ridurre la temperatura del mezzo ai livelli di quella ambiente.

Nel presente documento sono descritte le BAT per i sistemi di raffreddamento che funzionano come sistemi ausiliari per il normale funzionamento di un processo industriale. Si riconosce che l’affidabilità del funzionamento di un sistema di raffreddamento ha effetti positivi sull’affidabilità del processo industriale. Nel presente BREF non viene tuttavia esaminato il funzionamento di un sistema di raffreddamento in relazione alla sicurezza del processo.

Questo documento presenta un approccio integrato per determinare le BAT per i sistemi di raffreddamento industriali riconoscendo che la soluzione finale in materia è sostanzialmente specifica per ogni impianto. Rispetto alla scelta di un sistema di raffreddamento, questo approccio esamina soltanto gli elementi legati alle prestazioni ambientali del sistema, anziché scegliere e definire adatto o meno qualsiasi sistema di raffreddamento applicato. Nei casi in cui sono applicate misure di riduzione, l’approccio BAT cerca di evidenziare gli effetti su altri comparti ambientali associati, sottolineando in questo modo il fatto che la riduzione delle varie emissioni dei sistemi di raffreddamento richiede una valutazione di tutti gli aspetti della questione.

I cinque capitoli del documento principale descrivono i parametri principali dell’approccio BAT, i sistemi di raffreddamento e i loro aspetti ambientali, i principali risultati BAT e le conclusioni e raccomandazioni per ulteriori lavori. Undici allegati forniscono informazioni di riferimento che riguardano aspetti specifici della progettazione e del funzionamento dei sistemi di raffreddamento ed esempi per illustrare l’approccio basato sulle BAT.

1. Approccio integrato

L’approccio integrato basato sulle BAT valuta le prestazioni ambientali dei sistemi di raffreddamento nel contesto delle prestazioni ambientali complessive di un processo industriale, e il suo obiettivo è ridurre al minimo gli effetti diretti e indiretti del funzionamento di un sistema di raffreddamento. Esso si basa sull’esperienza che le prestazioni ambientali del raffreddamento di un processo dipendono in larga misura dalla scelta e dalla progettazione del sistema di raffreddamento. Per i nuovi impianti l’approccio è incentrato quindi sulla prevenzione delle emissioni attraverso la scelta di un’adeguata configurazione del raffreddamento e una corretta progettazione e costruzione del sistema di raffreddamento. Inoltre, la riduzione delle emissioni si ottiene ottimizzando il funzionamento quotidiano.

Per i sistemi di raffreddamento esistenti, vi sono a breve termine minori possibilità di prevenzione tramite l'applicazione di misure tecnologiche e l’accento viene posto sulla riduzione delle emissioni attraverso l’ottimizzazione del funzionamento e del controllo dei sistemi. Per i sistemi esistenti, molti parametri quali spazio, disponibilità delle risorse operative e vincoli legislativi vigenti possono essere fissi e quindi la possibilità di modifiche è molto limitata. Tuttavia, l’approccio generale basato sulle BAT descritto nel presente documento può essere considerato un obiettivo a lungo termine, che si adatta ai cicli di sostituzione delle apparecchiature degli impianti esistenti.

L’approccio BAT riconosce che il raffreddamento è un fattore essenziale di molti processi industriali e che deve essere considerato un elemento importante nella gestione energetica globale. L’uso efficiente dell’energia nei processi industriali è molto importante per l'ambiente e il rapporto costi/benefici. Le BAT significano innanzitutto che, prima di adottare misure per ottimizzare il sistema di raffreddamento, si deve prestare attenzione all’efficienza energetica complessiva del processo industriale o produttivo. Per aumentare l’efficienza energetica complessiva, l’industria mira a ridurre la quantità di calore non recuperabile applicando adeguati metodi di gestione dell’energia e adottando una serie di programmi integrati di risparmio energetico, tra cui lo scambio di energia tra le varie unità del processo industriale o produttivo sottoposto a raffreddamento e collegamenti al di fuori di questo processo con altri processi contigui. Esiste una tendenza verso un concetto di recupero del calore per regioni industriali quando gli impianti industriali sono interconnessi o legati al riscaldamento urbano o alla coltivazione in serre. Quando non è possibile alcun ulteriore recupero o riutilizzo, il calore può essere rilasciato nell’ambiente.

Viene operata una distinzione tra calore non recuperabile di livello basso (10-25 °C), medio (25-60 °C) o elevato (60 °C). In genere, si usano sistemi di raffreddamento a umido per il calore di livello basso e sistemi a secco per il calore di livello elevato. Per il livello medio non viene privilegiato alcun principio di raffreddamento particolare e si possono trovare diverse configurazioni.

Dopo l'ottimizzazione dell’efficienza energetica complessiva del processo industriale o produttivo rimane del calore non recuperabile di quantità e livello determinati e si può compiere una prima scelta della configurazione di raffreddamento per dissiparlo tenendo conto di:

- i requisiti di raffreddamento del processo,
- le limitazioni del sito (compresa la normativa locale),
- i requisiti ambientali.

Per assicurare condizioni di affidabilità del processo, compreso l’avvio e l’arresto, si devono sempre soddisfare i requisiti di raffreddamento del processo industriale o produttivo. La temperatura minima di processo e la capacità di raffreddamento necessarie devono sempre essere garantite in modo da migliorare l’efficienza del processo industriale o produttivo e ridurre le perdite di prodotto e le emissioni nell’ambiente. Più questi processi sono sensibili alla temperatura, maggiore è l'importanza di questo aspetto.

Le condizioni del sito limitano le opzioni di progettazione e le possibili modalità di funzionamento di un sistema di raffreddamento. Queste condizioni sono definite dal clima locale, dalla disponibilità di acqua per il raffreddamento e lo scarico, dallo spazio disponibile per le strutture e dalla sensibilità della zona circostante alle emissioni. A seconda delle esigenze di raffreddamento del processo e della capacità di raffreddamento necessaria, la scelta del sito per un nuovo impianto può rivestire un’enorme importanza (per esempio, presenza di una fonte abbondante di acqua fredda). Nei casi in cui la scelta di un sito è determinata da altri criteri o nel caso di sistemi di raffreddamento esistenti, i requisiti di raffreddamento del processo e le caratteristiche del sito sono fissi.

Per il raffreddamento è importante il clima locale, che influisce sulla temperatura dell’acqua e dell’aria di raffreddamento. Il clima locale è caratterizzato dall’andamento delle temperature di

bulbo umido e di bulbo secco. In genere, i sistemi di raffreddamento sono progettati in modo da soddisfare i requisiti di raffreddamento nelle condizioni climatiche meno favorevoli che possono verificarsi a livello locale, quali le massime temperature di bulbo umido e di bulbo secco.

La fase successiva nella scelta e progettazione di un sistema di raffreddamento è volta a soddisfare i requisiti BAT, tenendo conto dei requisiti del processo che deve essere sottoposto a raffreddamento e dei limiti del sito. Questo significa che l'attenzione è riservata alla scelta di materiale e apparecchiature adeguati per ridurre le esigenze di manutenzione, facilitare il funzionamento del sistema di raffreddamento e rispettare i requisiti ambientali. Oltre al rilascio del calore nell’ambiente si possono verificare altri effetti ambientali quali l’emissione degli additivi usati per il condizionamento dei sistemi di raffreddamento. Si sottolinea il fatto che se è possibile ridurre la quantità e il livello del calore da dissipare, l’impatto ambientale del sistema di raffreddamento industriale risulta essere minore.
I principi dell’approccio basato sulle BAT si possono applicare altresì ai sistemi di raffreddamento esistenti. Possono essere disponibili opzioni tecnologiche, quali un cambiamento della tecnologia di raffreddamento, una sostituzione o modifica delle apparecchiature esistenti o dei prodotti chimici usati, che si possono applicare però solo entro un certo limite.

2. Sistemi di raffreddamento applicati

I sistemi di raffreddamento si basano su principi termodinamici e sono progettati per facilitare lo scambio di calore tra processo e refrigerante e per favorire il rilascio nell’ambiente del calore non recuperabile. I sistemi di raffreddamento industriali si possono classificare in base alla concezione e al principio di raffreddamento principale: uso di acqua o aria o una combinazione di acqua e aria come refrigeranti.
Lo scambio di calore tra il mezzo di processo e il refrigerante viene potenziato dagli scambiatori di calore. Il refrigerante trasporta il calore dagli scambiatori di calore verso l’ambiente. Nei sistemi a circuito aperto il refrigerante è a contatto con l’ambiente, in quelli a circuito chiuso il mezzo refrigerante o il fluido di processo circola all’interno di tubi o serpentine e non è a diretto contatto con l’ambiente.

I sistemi a passaggio unico sono di solito impiegati negli impianti di grande capacità in luoghi in cui sono disponibili sufficienti quantità di acqua di raffreddamento e di acque superficiali riceventi. Se non è disponibile una fonte affidabile di approvvigionamento di acqua, si usano i sistemi a ricircolo (torri di raffreddamento).

Nelle torri a ricircolo aperte, l’acqua di raffreddamento viene raffreddata tramite il contatto con un flusso di aria. Le torri sono dotate di dispositivi per aumentare il contatto aria/acqua. Il flusso d'aria può essere creato mediante tiraggio meccanico con ventilatori, o tiraggio naturale. Le torri a tiraggio meccanico sono molto usate per piccole ed elevate capacità. Le torri a tiraggio naturale sono impiegate prevalentemente per capacità molto elevate (ad esempio l’industria di produzione di energia elettrica).

Nei sistemi a circuito chiuso i tubi o le serpentine in cui circola il refrigerante o il mezzo di processo vengono raffreddati, e a loro volta raffreddano la sostanza che contengono. Nei sistemi a umido un flusso d’aria raffredda per evaporazione i tubi o le serpentine che vengono spruzzati con acqua. Nei sistemi a secco per raffreddare tubi/serpentine si usa solo un flusso d’aria. In entrambi i tipi di sistemi le serpentine possono essere dotate di alette, che ampliano la superficie di raffreddamento e quindi l’effetto corrispondente Nell’industria, i sistemi a umido a circuito chiuso sono molto impiegati per piccole capacità. Il principio del raffreddamento con aria a secco è applicato negli impianti di ridotte dimensioni nonché nelle grandi centrali elettriche quando non è disponibile un sufficiente quantitativo di acqua o questa risorsa è molto costosa.

I sistemi di raffreddamento ibridi, chiusi o aperti, sono speciali torri meccaniche che possono funzionare a umido o a secco per ridurre la formazione di pennacchio. Grazie alla possibilità di utilizzare il sistema (in particolare piccole unità di tipo a cella) a secco nei periodi caratterizzati da basse temperature ambiente dell'aria, si può ottenere una riduzione del consumo annuo di acqua e della formazione di pennacchio.

Tabella 1: Esempio delle caratteristiche tecniche e termodinamiche dei vari sistemi di raffreddamento per applicazioni industriali (escluse le centrali elettriche)

Sistema di raffreddamento	**Mezzo refrigerante**	**Modo di raffreddamento**	**Scarti di temperatura minimi (*minimum approaches*) (K)[4)]**	**Temperatura minima finale raggiungibile del fluido di processo[5)] (°C)**	**Capacità del processo industriale (MW_{th})**
Sistema a passaggio unico aperto - diretto	Acqua	Conduzione/ Convezione	3 – 5	18 – 20	< 0,01 - > 2000
Sistema a passaggio unico aperto - indiretto	Acqua	Conduzione/ Convezione	6 – 10	21 – 25	< 0,01 - > 1000
Sistema a ricircolo aperto - diretto	Acqua[1)] Aria[2)]	Evaporazione[3)]	6 – 10	27 – 31	< 0,1 – >2000
Sistema a ricircolo aperto - indiretto	Acqua[1)] Aria[2)]	Evaporazione[3)]	9 – 15	30 – 36	< 0,1 - > 200
Sistema a umido a circuito chiuso	Acqua[1)] Aria[2)]	Evaporazione + convezione	7 – 14[7)]	28 – 35	0,2 – 10
Sistema ad aria secca a circuito chiuso	Aria	Convezione	10 – 15	40 – 45	< 0,1 – 100
Sistema ibrido aperto	Acqua[1)] Aria[2)]	Evaporazione + convezione	7 – 14	28 – 35	0,15 - 2,5 [6)]
Sistema ibrido chiuso	Acqua[1)] Aria[2)]	Evaporazione + convezione	7 – 14	28 – 35	0,15 - 2,5 [6)]

Note:

1) L'acqua è il mezzo refrigerante secondario e viene in larga misura rimessa in circolazione. L'acqua che evapora trasferisce il calore nell'aria.
2) L'aria è il mezzo refrigerante in cui il calore viene trasferito nell'ambiente.
3) L'evaporazione è il principio di raffreddamento principale. Il calore viene trasferito anche tramite conduzione/convezione, ma in proporzione minore.
4) Scarti di temperatura relativi alle temperature di bulbo umido o secco.
Bisogna aggiungere gli scarti di temperatura dello scambiatore di calore e della torre di raffreddamento.
5) Le temperature finali dipendono dal clima del sito. I dati sono validi per le condizioni climatiche medie europee (temperatura di bulbo secco/umido 30°/21°C e temperatura massima dell'acqua 15 °C).
6) Capacità di piccole unità – con una combinazione di varie unità o con sistemi di raffreddamento appositamente costruiti si possono raggiungere capacità maggiori.
7) Quando si tratta di un sistema indiretto o in presenza di convezione, in questo esempio lo scarto di temperatura aumenta di 3-5 K provocando un aumento della temperatura di processo.

La tabella indica le caratteristiche dei sistemi di raffreddamento applicati per una data situazione climatica. La temperatura di uscita del fluido di processo che esce dallo scambiatore di calore dopo il raffreddamento dipende da quella del refrigerante e dal tipo di sistema di raffreddamento. L'acqua ha una capacità termica specifica maggiore dell'aria ed è quindi migliore come refrigerante. La temperatura dell'aria e dell'acqua di raffreddamento dipende dalle temperature di bulbo secco e di bulbo umido locali. Maggiori sono le temperature di bulbo, più difficile risulta ridurre le temperature finali minime del processo.

La temperatura di uscita del processo è la somma della temperatura ambiente più bassa (refrigerante) e della differenza di temperatura minima necessaria tra refrigerante (che entra nel sistema di raffreddamento) e fluido di processo (che esce dal sistema di raffreddamento) tramite scambiatore di calore, definita anche scarto (termico). Dal punto di vista tecnico lo scarto può essere molto ridotto in fase di progettazione, ma i costi sono inversamente proporzionali alle dimensioni. Minore è lo scarto, minore può essere la temperatura di uscita del processo. Ogni scambiatore di calore ha un suo valore di scarto e, nel caso degli scambiatori di calore aggiuntivi in serie, tutti gli scarti vengono sommati alla temperatura del refrigerante (che entra nel sistema di raffreddamento) per calcolare la temperatura di uscita che è possibile ottenere nel processo. Gli scambiatori di calore aggiuntivi vengono impiegati nei sistemi di raffreddamento indiretti, in cui si applica un circuito di raffreddamento supplementare. Il circuito secondario e il circuito di raffreddamento primario sono collegati tramite uno scambiatore di calore. I sistemi di raffreddamento indiretti si applicano nei casi in cui è assolutamente necessario evitare perdite di sostanze di processo nell'ambiente.

Per i sistemi di raffreddamento di uso comune nel settore dell'energia elettrica gli scarti minimi e le capacità di raffreddamento variano in misura considerevole rispetto alle applicazioni diverse dalle centrali elettriche, a causa dei requisiti particolari del processo di condensazione del vapore. Nella tabella seguente sono riassunti i vari scarti e le relative capacità di produzione di energia elettrica.

Tabella 2: Esempi di capacità e di caratteristiche termodinamiche di vari sistemi di raffreddamento per applicazioni nel settore dell'energia elettrica

Sistema di raffreddamento	**Scarti di temperatura (*approaches*) applicati (K)**	**Capacità di produzione di energia elettrica del processo (MW_{th})**
Sistemi a circuito aperto	13-20 (differenza terminale 3-5)	< 2700
Torre di raffreddamento a umido aperta	7-15	< 2700
Torre di raffreddamento ibrida aperta	15-20	< 2500
Condensatore ad aria a secco	15-25	< 900

3. Aspetti ambientali dei sistemi di raffreddamento applicati

Gli aspetti ambientali dei sistemi di raffreddamento variano a seconda della configurazione di raffreddamento applicata, ma l'attenzione è concentrata prevalentemente sull'aumento dell'efficienza energetica complessiva e sulla riduzione delle emissioni nell'ambiente acquatico. Il consumo e i livelli di emissione sono specifici del sito e laddove è possibile quantificarli si osservano notevoli differenze. Nella filosofia di un approccio integrato basato sulle BAT, si deve tener conto degli effetti sui vari comparti ambientali quando si procede alla valutazione dei singoli aspetti ambientali e delle misure di riduzione associate.

- **Consumo di energia**

Il consumo specifico di energia, diretto o indiretto, è un importante aspetto ambientale che riguarda tutti i sistemi di raffreddamento. Il consumo specifico di energia indiretto è il consumo energetico del processo da sottoporre a raffreddamento. Il consumo energetico indiretto, espresso in $kW_e/MW_{th}/K$, può aumentare a causa di una configurazione di raffreddamento con un rendimento inferiore a quello ottimale, che può provocare un aumento della temperatura del processo (ΔK).
Il consumo specifico di energia diretto di un sistema di raffreddamento è espresso in kW_e/MW_{th} e si riferisce alla quantità di energia consumata da tutte le apparecchiature elettriche (pompe, ventilatori) del sistema per ogni MW_{th} che dissipa.

Per ridurre il consumo specifico di energia indiretto si possono adottare le seguenti misure:
- configurazione del sistema di raffreddamento con il minore consumo specifico indiretto di energia (in generale sistemi a circuito aperto),
- applicazione di un tipo di sistema con ridotti scarti di temperatura e
- riduzione della resistenza allo scambio di calore con una corretta manutenzione del sistema di raffreddamento.

Ad esempio, nel caso del settore dell'energia elettrica il passaggio da un sistema di raffreddamento a passaggio unico ad uno a ricircolo comporta un aumento del consumo energetico per le apparecchiature ausiliarie, e una riduzione dell'efficienza nel ciclo termico.

Per ridurre il consumo specifico diretto di energia, sono disponibili pompe e ventilatori con livelli di efficienza più elevati. La resistenza e le cadute di pressione del processo si possono ridurre in fase di progettazione del sistema di raffreddamento, nonché applicando eliminatori delle perdite per trascinamento a bassa resistenza e impiegando materiale di riempimento della torre. Una corretta pulizia meccanica o chimica delle superfici mantiene bassa la resistenza nel processo durante il funzionamento.

- **Acqua**

L'acqua è importante per i sistemi di raffreddamento a umido come refrigerante predominante, ma anche come ambiente ricevente per gli scarichi dell'acqua di raffreddamento. L'aspirazione di rilevanti quantità d'acqua può provocare l'impatto e il trascinamento di pesci e di altri organismi acquatici. Anche lo scarico di grandi quantità di acqua calda può influire sull'ambiente idrico, ma l'impatto può essere controllato con un'adeguata ubicazione dei punti di aspirazione e di scarico e una valutazione dei flussi delle maree o degli estuari per assicurare un'adeguata mescolanza e una dispersione dell'acqua calda per avvezione.

Il consumo di acqua varia da 0,5 $m^3/h/MW_{th}$ per una torre ibrida aperta a 86 $m^3/h/MW_{th}$ per un sistema aperto a passaggio unico. La riduzione delle considerevoli quantità di acqua aspirate dai sistemi aperti a passaggio unico richiede il passaggio al raffreddamento a ricircolo, che nel contempo contribuisce a diminuire le notevoli quantità di acqua di raffreddamento calda scaricate e può anche ridurre le emissioni di sostanze chimiche e di rifiuti. Il consumo di acqua dei sistemi a ricircolo può essere ridotto aumentando il numero di cicli, migliorando la qualità di composizione dell'acqua oppure ottimizzando l'uso delle fonti di acque reflue disponibili all'interno o all'esterno del sito. Entrambe le opzioni richiedono un complesso programma di trattamento dell'acqua di raffreddamento. Il raffreddamento ibrido consente un raffreddamento a secco in alcuni periodi dell'anno, caratterizzati da una minore richiesta di raffreddamento o da basse temperature dell'aria e può quindi ridurre il consumo di acqua, in particolare per piccole unità di tipo a cella.

Per ridurre l'impatto e il trascinamento di organismi acquatici si interviene a livello di progettazione e di posizionamento dei punti di aspirazione e si ricorre a vari dispositivi (protezioni, barriere, luci, suoni). L'effetto dei dispositivi dipende dalla specie. I costi sono elevati e si preferisce applicare tali misure in sistemi di nuova costruzione. Diminuire la capacità di raffreddamento necessaria, aumentando se possibile il riutilizzo del calore può ridurre le emissioni di acqua di raffreddamento calda nelle acque superficiali riceventi.

- **Emissioni di calore nelle acque superficiali**

Come indicato in precedenza, le emissioni di calore nelle acque superficiali possono avere un impatto ambientale sulle acque superficiali riceventi. I fattori che influiscono in questo caso sono, ad esempio, la capacità di raffreddamento disponibile delle acque superficiali riceventi, la temperatura effettiva e lo stato ecologico delle acque superficiali. Nei periodi estivi le emissioni

di calore possono provocare, per effetto del calore proveniente dall'acqua di raffreddamento scaricato nelle acque superficiali, un superamento dei valori di temperatura previsti dalla relativa norma di qualità ambientale. Per due ecosistemi (acque salmonicole e acque ciprinicole) i requisiti termici sono stati definiti nella direttiva 78/659/CEE. Per l'impatto ambientale delle emissioni di calore è importante non solo la temperatura effettiva dell'acqua, ma anche l'aumento di temperatura al confine della zona di mescolamento per effetto dello scarico di calore nell'acqua. La quantità e il livello del calore scaricato nelle acque superficiali rispetto alle dimensioni delle acque superficiali riceventi sono importanti per l'entità dell'impatto ambientale. Nei casi in cui il calore si scarica in bacini di acqua superficiale relativamente limitati e il flusso di acqua calda raggiunge la parte opposta del fiume o del canale si possono creare barriere alla migrazione dei salmonidi.
Oltre a questi effetti l'elevata temperatura dovuta alle emissioni di calore può provocare un aumento della respirazione e della produzione biologica (eutrofizzazione) da cui deriva una minore concentrazione di ossigeno nell'acqua.
Quando si progetta un sistema di raffreddamento si deve tener conto di questi aspetti e delle possibilità di ridurre il calore dissipato nelle acque superficiali.

- **Emissioni di sostanze nelle acque superficiali**

Si tratta delle emissioni nelle acque superficiali provenienti dai sistemi di raffreddamento causate da:
- additivi dell'acqua di raffreddamento applicati e relativi reagenti,
- sostanze presenti nell'atmosfera che entrano attraverso una torre di raffreddamento,
- prodotti della corrosione delle apparecchiature dei sistemi di raffreddamento e
- perdite di prodotti chimici di processo e dei relativi prodotti di reazione.

Un corretto funzionamento dei sistemi di raffreddamento può richiedere il trattamento dell'acqua di raffreddamento contro la corrosione delle apparecchiature, la scagliatura e la formazione di micro e macroincrostazioni. I trattamenti per i sistemi di raffreddamento aperti a passaggio unico e per quelli a ricircolo sono diversi. Per i secondi, i programmi di trattamento dell'acqua di raffreddamento possono essere estremamente complessi e la gamma di prodotti chimici può essere molto ampia. Ne consegue che anche i livelli di *blowdown* di questi sistemi variano in misura considerevole ed è difficile indicare livelli di emissione rappresentativi. Talvolta i fanghi vengono trattati prima di essere scaricati.

Le emissioni di biocidi ossidanti nei sistemi aperti a passaggio unico, misurate come ossidante libero al punto di uscita, variano in una misura compresa tra 0,1 [mg FO/l] e 0,5 [mg FO/l] a seconda del tipo e della frequenza di dosaggio.

Tabella 3: Componenti chimici dei trattamenti dell’acqua di raffreddamento utilizzati nei sistemi di raffreddamento aperti e a ricircolo a umido

	Problemi di qualità dell’acqua					
Esempi di trattamento chimico*	**Corrosione**		**Scagliatura**		**(Bio-)incrostazioni**	
	Sistemi a passag-gio unico	**Sistemi a ricircolo**	**Sistemi a passag-gio unico**	**Sistemi a ricircolo**	**Sistemi a passag-gio unico**	**Sistemi a ricircolo**
Zinco		X				
Molibdati		X				
Silicati		X				
Fosfonati		X		X		
Polifosfonati		X		X		
Esteri poliglicolici				X		
Sostanze organiche naturali				X		
Polimeri	(X)		(X)	X		
Biocidi non ossidanti						X
Biocidi ossidanti					X	X
* il cromato non è più di uso comune a causa del suo elevato impatto ambientale						

Scegliere e applicare un sistema di raffreddamento costruito con materiale adatto all’ambiente nel quale dovrà funzionare può ridurre le perdite e la corrosione. L’ambiente è definito da quanto segue:
- condizioni di processo, quali temperatura, pressione, velocità di flusso,
- mezzi raffreddati,
- caratteristiche chimiche dell’acqua di raffreddamento.

I materiali comunemente usati per gli scambiatori di calore, le condotte, le pompe e i rivestimenti sono l’acciaio al carbonio, il nickel-rame e diverse qualità di acciaio inossidabile, anche se si registra un continuo aumento nell'uso del titanio (Ti). Vengono inoltre applicati rivestimenti e vernici per proteggere la superficie.

- **Uso di biocidi**

I sistemi aperti a passaggio unico sono prevalentemente trattati con biocidi ossidanti contro le macroincrostazioni. La quantità applicata può essere espressa nell'additivo ossidante usato annualmente, espresso come cloro equivalente per MW_{th}, in connessione con il livello di incrostazione vicino o all’interno dello scambiatore di calore. L’uso di alogenuri come additivi ossidanti nei sistemi aperti a passaggio unico comporta notevoli effetti ambientali, soprattutto a causa della formazione di sottoprodotti alogenati.

Nei sistemi a ricircolo aperti, l’acqua viene sottoposta a un pretrattamento contro la scagliatura, la corrosione e la formazione di microincrostazioni. Dati i volumi relativamente inferiori dei sistemi a ricircolo a umido, vengono applicati con ottimi risultati trattamenti alternativi, quali ozono e raggi ultravioletti, che tuttavia richiedono specifiche condizioni di processo e possono avere costi piuttosto elevati.

Le misure operative per ridurre gli effetti dannosi dello scarico dell’acqua di raffreddamento consistono nella chiusura dello spurgo durante il trattamento-urto e il trattamento dei fanghi prima dello scarico nelle acque superficiali riceventi. Per il trattamento dei fanghi in un impianto di trattamento delle acque di scarico si deve controllare l’attività residua dei biocidi in quanto può influire sulla popolazione microbica.

Per ridurre le emissioni nello scarico e l’impatto sull’ambiente idrico, i biocidi vengono selezionati in modo da conciliare i requisiti dei sistemi di raffreddamento con la sensibilità dell’ambiente idrico ricevente.

- **Emissioni nell'atmosfera**

L’aria scaricata dalle torri di raffreddamento a circuito a secco non è considerata di solito l’aspetto più importante del raffreddamento. In caso di perdite di prodotto si può verificare una contaminazione che è possibile prevenire con una corretta manutenzione.
Le goccioline presenti nello scarico delle torri di raffreddamento a umido possono essere contaminate dai prodotti chimici di trattamento dell’acqua, da microbi o dai prodotti della corrosione. L’applicazione di eliminatori delle perdite per trascinamento e di un programma di trattamento dell’acqua ottimizzato riduce i potenziali rischi.
La formazione di pennacchio è presa in considerazione laddove si verifica l’effetto di offuscamento dell’orizzonte o esiste il rischio che il flusso di scarico arrivi al livello del suolo.

- **Rumore**

L’emissione di rumore è una questione locale per le torri di raffreddamento a tiraggio naturale di grandi dimensioni e per tutti i sistemi di raffreddamento meccanizzati. I livelli di potenza sonora non attenuata variano da 70 [dB(A)] per le torri a tiraggio naturale a circa 120 [dB(A)] per le torri meccaniche. La variazione è dovuta alla differenza di apparecchiature e al luogo di misurazione che può essere il punto di aspirazione o il punto di uscita dell’aria. Le maggiori fonti di rumore sono i ventilatori, le pompe e l’acqua in caduta.

- **Aspetti di rischio**

Gli aspetti di rischio dei sistemi di raffreddamento riguardano le perdite dagli scambiatori di calore, l’immagazzinamento dei prodotti chimici e la contaminazione microbiologica (quale la malattia dei legionari) dei sistemi di raffreddamento a umido.

Per evitare le perdite e la contaminazione microbiologica si applicano la manutenzione preventiva e il monitoraggio. Nei casi in cui le perdite potrebbero comportare lo scarico di considerevoli quantità di sostanze nocive per l’ambiente idrico, vengono presi in esame sistemi di raffreddamento indiretti o speciali misure preventive.

Per prevenire lo sviluppo della *Legionella pneumophila* (*Lp*) si consiglia di adottare un adeguato programma di trattamento dell’acqua. Non è stato possibile stabilire limiti massimi di concentrazione per la *Lp*, misurata in unità formanti colonie [CFU per litro], al di sotto dei quali si può presumere che non esista alcun rischio. Si tratta di un rischio di cui tener conto in modo particolare durante le operazioni di manutenzione.

- **Residui del funzionamento dei sistemi di raffreddamento**

I dati raccolti in merito a residui o rifiuti sono scarsi. I fanghi provenienti dal trattamento preliminare dell’acqua di raffreddamento o dal bacino delle torri di raffreddamento devono essere considerati rifiuti. Essi vengono trattati e smaltiti in modi diversi a seconda delle proprietà meccaniche e della composizione chimica. I livelli di concentrazione variano a seconda del programma di trattamento dell’acqua di raffreddamento.

Le emissioni nell’ambiente si riducono ulteriormente applicando metodi meno dannosi di conservazione delle apparecchiature e scegliendo materiale che può essere riciclato dopo lo smantellamento o la sostituzione delle apparecchiature dei sistemi di raffreddamento.

4. Principali conclusioni in materia di BAT

L'approccio basato sulle BAT o sulle BAT primarie per i sistemi nuovi o esistenti viene presentato nel capitolo 4. I risultati si possono riassumere come segue.

Si riconosce che le BAT finali sono specifiche per ogni sito, ma per alcune questioni è possibile individuare BAT generali. Prima di valutare la dissipazione nell'ambiente del calore proveniente da un processo industriale, in qualsiasi situazione si devono esaminare ed impiegare le opzioni disponibili e applicabili per il riutilizzo del calore al fine di ridurre la quantità e il livello del calore non recuperabile.

Per tutti gli impianti la BAT è una tecnologia, un metodo o una procedura e il risultato di un approccio integrato per ridurre l'impatto ambientale dei sistemi di raffreddamento industriali, mantenendo un equilibrio tra effetti diretti e indiretti. Si devono prendere in considerazione misure di riduzione che mantengano al minimo l'efficienza del sistema di raffreddamento o che comportino una perdita di efficienza, aspetto trascurabile in confronto agli effetti positivi sull'impatto ambientale.

Per diversi aspetti ambientali, sono state individuate tecniche che si possono considerare BAT in base all'approccio adottato. Non è stato possibile individuare in modo preciso BAT per la riduzione dei rifiuti o tecniche di gestione dei rifiuti in modo da evitare problemi ambientali quali la contaminazione del terreno e dell'acqua o, in caso di incenerimento, dell'atmosfera.

- **Requisiti di processo e del sito**

La scelta tra raffreddamento a umido, a secco o a umido/secco per soddisfare i requisiti di processo e del sito dovrebbe essere finalizzata alla massima efficienza energetica complessiva. Per raggiungere un livello elevato di efficienza energetica complessiva quando si gestiscono grandi quantità di calore di livello basso (10-25 °C) la BAT consiste nel procedere al raffreddamento tramite un sistema aperto a passaggio unico. In caso di sistemi di nuova costruzione questo può giustificare la scelta di un sito (costiero) con una sicura disponibilità di considerevoli quantità di acqua di raffreddamento e con acque superficiali aventi capacità sufficiente per ricevere grandi quantità di acqua di raffreddamento di scarico.

Se si sottopongono a raffreddamento sostanze pericolose che (rilasciate attraverso il sistema di raffreddamento) comportano un rischio elevato per l'ambiente, la BAT consiste nel ricorrere a sistemi di raffreddamento indiretti che utilizzano un circuito di raffreddamento secondario.

In linea di principio, per il raffreddamento si deve ridurre al minimo l'uso di acque sotterranee, ad esempio nei casi in cui non si può escludere un esaurimento delle risorse idriche sotterranee.

- **Riduzione del consumo diretto di energia**

È possibile diminuire il consumo diretto di energia di un sistema di raffreddamento riducendo la resistenza all'acqua e/o all'aria nel sistema, grazie ad apparecchiature a basso consumo di energia. Nei casi in cui il processo da sottoporre a raffreddamento richiede un funzionamento variabile, l'applicazione della modulazione del flusso di aria e di acqua ha dato ottimi risultati, e può quindi essere considerata una BAT.

- **Riduzione del consumo di acqua e delle emissioni di calore nell'acqua**

La riduzione del consumo di acqua e delle emissioni di calore nell'acqua sono strettamente connesse e richiedono l'applicazione delle stesse opzioni tecnologiche.
La quantità di acqua necessaria per il raffreddamento dipende dalla quantità di calore da dissipare. Ad un maggiore riutilizzo dell'acqua di raffreddamento corrispondono minori quantità di acqua di raffreddamento necessarie.

Il ricircolo dell'acqua di raffreddamento, usando un sistema a umido a ricircolo aperto o chiuso, è la BAT quando la disponibilità di acqua è bassa o non sicura.
Nei sistemi a ricircolo la BAT può consistere in un aumento del numero di cicli, ma le esigenze di trattamento dell'acqua di raffreddamento possono costituire un fattore limitante.
Si può definire BAT l'impiego di eliminatori delle perdite per trascinamento al fine di ridurre tali perdite a un livello inferiore allo 0,01% del flusso totale di ricircolo.

- **Riduzione del trascinamento**

Per prevenire il trascinamento o ridurne eventualmente i danni sono state sviluppate molte tecniche diverse. I risultati sono stati eterogenei e legati al sito. Non è stata identificata una BAT, ma l'accento viene posto su un'analisi del biotopo, dato che la riuscita o il fallimento dipendono in larga misura dagli aspetti comportamentali delle specie, oltre che da una corretta progettazione e dal posizionamento del punto di aspirazione.

- **Riduzione delle emissioni di sostanze chimiche nell'acqua**

In linea con l'approccio basato sulle BAT, l'applicazione delle potenziali tecniche per ridurre le emissioni nell'ambiente idrico deve essere valutata nel seguente ordine:

1. scelta della configurazione di raffreddamento con riduzione del livello di emissioni nelle acque superficiali,
2. uso di materiale più resistente alla corrosione per le apparecchiature di raffreddamento,
3. prevenzione e riduzione delle perdite di sostanze di processo nel circuito di raffreddamento,
4. applicazione di metodi alternativi (non chimici), di trattamento dell'acqua di raffreddamento
5. scelta di additivi dell'acqua di raffreddamento per ridurre l'impatto ambientale e
6. impiego ottimizzato (monitoraggio e dosaggio) degli additivi dell'acqua di raffreddamento.

Si può definire BAT ridurre la necessità di un condizionamento dell'acqua di raffreddamento diminuendo la presenza di incrostazioni e corrosione grazie ad una progettazione adeguata. Nei sistemi a passaggio unico, una buona progettazione è evitare zone stagnanti e turbolenza e mantenere una velocità minima dell'acqua (0,8 [m/s] per gli scambiatori di calore, 1,5 [m/s] per i condensatori).

BAT è scegliere per i sistemi a passaggio unico inseriti in ambienti altamente corrosivi un materiale che contenga Ti o acciaio inossidabile di elevata qualità o altri materiali con prestazioni simili, laddove un ambiente riducente potrebbe limitare l'uso di Ti.

Per i sistemi a ricircolo, oltre alle misure di progettazione, BAT è individuare i cicli di concentrazione applicati e la corrosività della sostanza utilizzata nel processo per poter scegliere un materiale con adeguata resistenza alla corrosione.
Per le torri di raffreddamento BAT è impiegare adeguati materiali di riempimento tenendo conto della qualità dell'acqua (contenuto di solidi), delle incrostazioni previste, delle temperature e della resistenza all'erosione, nonché scegliere un materiale da costruzione che non richieda conservazione chimica.

Il concetto VCI applicato dall'industria chimica mira a ridurre al minimo i rischi per l'ambiente idrico in caso di perdite di sostanze di processo. Il concetto stabilisce un nesso tra il livello di impatto ambientale di una sostanza di processo, la configurazione di raffreddamento necessaria e i requisiti di controllo. Dati i maggiori rischi potenziali per l'ambiente in caso di perdite, grazie a questo concetto si potenziano gli interventi contro la corrosione, si migliora la progettazione del sistema di raffreddamento indiretto e si intensifica il controllo dell'acqua di raffreddamento.

- **Riduzione delle emissioni attraverso l'ottimizzazione del trattamento dell'acqua di raffreddamento**

L'ottimizzazione dell'impiego di biocidi ossidanti nei sistemi a passaggio unico si basa su tempi e frequenza del dosaggio di biocidi. Si considera BAT ridurre la quantità di biocidi immessa grazie ad un dosaggio mirato unito al monitoraggio del comportamento delle specie che provocano macroincrostazioni (ad esempio il movimento delle valve dei molluschi) e sfruttando il tempo di permanenza dell'acqua di raffreddamento nel sistema. Per i sistemi nel cui scarico si mescolano vari flussi di raffreddamento, una BAT è la clorazione intermittente che può anche ridurre ulteriormente le concentrazioni di ossidante libero nello scarico. In genere, un trattamento di tipo intermittente dei sistemi a passaggio unico è sufficiente per prevenire la formazione di incrostazioni. A seconda delle specie e della temperatura dell'acqua (superiore ai 10-12° C) a bassi livelli può essere necessario un trattamento continuo.

Per l'acqua di mare, i livelli BAT di ossidante libero residuo (*Free Residual Oxydant* - FRO) nello scarico, associati a queste pratiche variano a seconda del regime di dosaggio applicato (continuo e intermittente), del livello di concentrazione del dosaggio e della configurazione del sistema di raffreddamento e sono compresi tra ≤ 0,1 [mg/l] e 0,5 [mg/l], con un valore medio di 0,2 [mg/l] su un intervallo di tempo di 24 ore.

Nell'introduzione di un approccio BAT per il trattamento dell'acqua, soprattutto per i sistemi a ricircolo che impiegano biocidi non ossidanti, è importante decidere con piena cognizione di causa quale regime di trattamento dell'acqua applicare e le modalità di controllo e monitoraggio. Scegliere un regime di trattamento adeguato è un'operazione complessa, che deve prendere in considerazione diversi fattori locali e specifici del sito e correlarli alle caratteristiche degli stessi additivi di trattamento nonché alle quantità e combinazioni applicate.

Per facilitare il processo decisionale BAT sugli additivi dell'acqua di raffreddamento, il BREF fornisce elementi di valutazione alle autorità locali competenti per il rilascio di un'autorizzazione nel quadro della direttiva IPPC.

La direttiva 98/8/CE relativa all'immissione sul mercato europeo di biocidi considera i biocidi usati nei sistemi di raffreddamento una categoria specifica. Lo scambio di informazioni dimostra che in alcuni Stati membri esistono specifici regimi di valutazione per l'applicazione degli additivi dell'acqua di raffreddamento.
Il dibattito nell'ambito dello scambio di informazioni sui sistemi di raffreddamento industriali si è concluso con la proposta di due concetti per gli additivi dell'acqua di raffreddamento, che possono essere usati come strumento complementare dalle autorità competenti per il rilascio di autorizzazioni:

1. Uno strumento di valutazione analitica basato sui concetti esistenti, che consente di procedere ad un semplice confronto relativo degli additivi dell'acqua di raffreddamento in termini di potenziale impatto sull'ambiente idrico (Valutazione comparativa, allegato VIII.1).
2. Una valutazione specifica per ogni sito dell'impatto previsto dei biocidi scaricati nell'acqua ricevente, effettuata tenendo conto della direttiva sui biocidi e applicando la metodologia per stabilire le norme di qualità ambientale della futura direttiva quadro sull'acqua come elementi chiave (Valutazione locale relativa ai biocidi, allegato VIII.2).

La valutazione comparativa può essere considerata un metodo per confrontare l'impatto ambientale di diversi additivi dell'acqua di raffreddamento alternativi mentre la valutazione locale relativa ai biocidi fornisce un parametro di riferimento per la determinazione di un approccio compatibile con il concetto di BAT per i biocidi in particolare (PEC/PNEC < 1). L'uso di metodologie di valutazione locale come strumento per controllare le emissioni industriali è già una prassi comune.

- **Riduzione delle emissioni nell'aria**

La riduzione dell'impatto delle emissioni nell'aria provenienti dalle torri di raffreddamento è legata all'ottimizzazione del condizionamento dell'acqua di raffreddamento per ridurre le concentrazioni nelle goccioline. Laddove il trascinamento è il principale meccanismo di trasporto, l'applicazione di eliminatori delle perdite per trascinamento, che comporta una perdita per trascinamento del flusso di ricircolo inferiore allo 0,01%, è considerata una BAT.

- **Riduzione del rumore**

Misure primarie sono l'applicazione di apparecchiature a basso livello di rumorosità. I livelli di riduzione associati arrivano fino a 5 [dB(A)].
Le misure secondarie all'ingresso e all'uscita delle torri di raffreddamento meccaniche hanno livelli di riduzione associati minimi pari o superiori a 15 [dB(A)]. Si tenga presente che la riduzione del rumore, in particolare tramite misure secondarie, può causare una caduta di pressione che per essere compensata richiede un quantitativo di energia supplementare.

- **Riduzione delle perdite e del rischio microbiologico**

Le BAT sono: prevenire le perdite in sede di progettazione; operare entro i limiti di progettazione e sottoporre a regolare ispezione il sistema di raffreddamento.
Per l'industria chimica in particolare, si ritiene che applicare il concetto di sicurezza VCI già citato per ridurre le emissioni nell'acqua costituisca una BAT.

In un sistema di raffreddamento non è possibile prevenire completamente la proliferazione di batteri della *Legionella pneumophila*. Le misure seguenti sono considerate BAT:
- evitare zone stagnanti e mantenere una velocità dell'acqua sufficiente,
- ottimizzare il trattamento dell'acqua di raffreddamento per ridurre le incrostazioni, lo sviluppo e la proliferazione di alghe e amebe,
- praticare un pulizia regolare del bacino della torre di raffreddamento e
- ridurre la vulnerabilità respiratoria degli operatori fornendo protezioni per la bocca e il naso quando si entra in un'unità operativa o quando si pulisce la torre con un sistema ad alta pressione.

5. Distinzione tra sistemi nuovi e sistemi esistenti

Tutte le principali conclusioni BAT sono applicabili ai nuovi sistemi. Qualora l'applicazione comporti modifiche tecnologiche, essa può essere limitata ai sistemi di raffreddamento esistenti. Per le piccole torri di raffreddamento prodotte in serie, si ritiene che una modifica tecnologica sia tecnicamente ed economicamente fattibile. Le modifiche tecnologiche di sistemi di grandi dimensioni sono generalmente molto costose e richiedono una complessa valutazione tecnica ed economica che contempla un gran numero di fattori. In alcuni casi questi sistemi di grandi dimensioni possono venire adeguati grazie ad interventi relativamente limitati sostituendo parte dell'apparecchiatura. Per modifiche tecnologiche di più ampia portata può essere necessario procedere ad un'attenta considerazione e ad un'approfondita valutazione degli effetti ambientali e dei costi.

In generale, le BAT per i sistemi nuovi o esistenti sono simili, quando si vuole ridurre l'impatto ambientale migliorando il funzionamento del sistema:
- ottimizzazione del trattamento dell'acqua di raffreddamento attraverso un dosaggio controllato e una selezione degli additivi dell'acqua di raffreddamento volti a ridurre l'impatto sull'ambiente,
- regolare manutenzione delle apparecchiature e
- monitoraggio dei parametri di esercizio, come tasso di corrosione della superficie dello scambiatore di calore, caratteristiche chimiche dell'acqua di raffreddamento e grado di incrostazioni e di perdite.

Alcuni esempi di tecniche considerate BAT per i sistemi di raffreddamento esistenti sono:
- applicazione di un materiale di riempimento adeguato per contrastare la formazione di incrostazioni,
- sostituzione delle apparecchiature rotative con dispositivi a bassa rumorosità,
- prevenzione delle perdite controllando i tubi dello scambiatore di calore,
- biofiltrazione del flusso secondario,
- miglioramento della qualità dell'acqua d'integrazione, e
- dosaggio mirato nei sistemi senza ricircolo.

6. Conclusioni e raccomandazioni per i lavori futuri

Il gruppo tecnico di lavoro (TWG) ha valutato molto positivamente il presente BREF. La valutazione e l'individuazione delle BAT per il processo di raffreddamento industriale sono generalmente considerate operazioni complesse e specifiche per ogni sito o processo e richiedono l'esame di numerosi aspetti tecnici ed economici. Il concetto di BAT generali per i sistemi di raffreddamento basato sulla prefazione del BREF e l'introduzione sulle migliori tecniche disponibili contenuta nel capitolo 4 suscita però un grande consenso.

Il processo dello scambio di informazioni ha evidenziato diverse questioni da approfondire in sede di revisione del presente BREF. La valutazione locale del trattamento dell'acqua di raffreddamento richiede un'ulteriore indagine sul modo in cui tener conto di tutti i fattori e le caratteristiche chimiche connessi al sito, ma al contempo sono necessari orientamenti precisi e una procedura fattibile. Altri campi da approfondire sono le tecniche alternative di trattamento dell'acqua di raffreddamento, la riduzione al minimo del rischio microbiologico e l'importanza delle emissioni nell'aria.